

УДК 621.327:681.5

**В.В. Баранник,**

доктор технических наук, профессор,

**А.Ю. Школьник,****А.Н. Додух**

## СПОСОБ КОДИРОВАНИЯ ПОСТРОЧНО-МАСШТАБИРУЮЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ФРАГМЕНТА ИЗОБРАЖЕНИЯ

*В статье рассмотрены основные этапы разработки способа кодирования массивов построочно-масштабирующей составляющей фрагмента изображения, которые представляются в виде позиционных чисел с неравными соседними элементами.*

**Ключевые слова:** построочно-масштабирующее описание, позиционное кодирование, аэромониторинг.

*У статті викладено основні етапи розробки способу кодування масивів рядково-масштабуючої складової фрагмента зображення, які представляються у вигляді позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами.*

**Ключові слова:** рядково-масштабуючий опис, позиційне число, аеромоніторинг.

*Basic stages of the preparation of a method of the encoding of data arrays of the string scaling constituent of an image fragment, which appear as the position numbers with unequal nearby elements, are stated.*

**Keywords:** string scaling description, position number, aeromonitoring.

Совершенствование систем аэромониторинга необходимо для получения оперативной видеоинформации о наблюдаемых объектах. На время доставки видеоданных оказывают влияние пропускная способность канала связи и объемы видеоданных [1; 2]. Следовательно, *актуальная тематика научно-прикладных исследований* состоит в снижении времени доставки видеоинформации на основе кодирования видеоданных для сокращения их объемов на борту авиакомплекса [3; 4].

Использование систем сжатия позволяет снизить объемы видеоданных. В тоже время для их интегрирования на борт требуется учитывать особенности функционирования авиакомплексов. Анализ существующих систем сжатия с учетом характеристик бортовой аппаратуры показал, что они не обеспечивают требований относительно объемов передаваемым видеоданных с необходимым качеством за требуемое время обработки [3–5].

В работах [4; 5] показано, что снижение времени доставки видеоинформации достигается с использованием метода, обеспечивающего компрессию изображения с учетом того, что фрагмент изображения представляется двумя составляющими. Одной из таких составляющих является построочно-масштабирующая составляющая. Поэтому для компрессии изображений необходимо организовать кодиро-

вание построчно-масштабирующей составляющей в рамках формирования компактного кодового описания апертур. Значит, *цель исследований* состоит в построении способа кодирования построчно-масштабирующей составляющей фрагмента изображения.

### **Разработка способа кодирования построчно-масштабирующей составляющей**

По условию формирования апертурного описания изображения допускается, что в процесс обработки вносятся погрешности. Значит, внесение погрешностей при обработке форм апертурного описания может привести к размножению ошибок. Для обеспечения заданного уровня достоверности необходимо осуществлять обработку массивов апертурного описания изображения без внесения погрешности.

По определению *позиционное число с неравными соседними элементами* (ПЧНСЭ) образуется на основе построчно-масштабирующей составляющей, а именно на базе элементов в строках массивов. Это позволяет рассматривать процесс кодирования позиционного числа с НСЭ как формирование кодов для отдельных строк массива аппроксимирующих величин.

Вывод выражения для кодирования ПЧНСЭ осуществляется в два этапа:

- 1) первый этап заключается в определении кода, учитывая ограниченность диапазона массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$  построчно-масштабирующей составляющей;
- 2) на втором этапе выводятся выражения для получения кода позиционного числа с учетом ограничения на равенство соседних элементов.

Рассмотрим первый этап процесса кодирования позиционного числа с НСЭ. Кодирование позиционных чисел как строк  $\Delta H_i$  массивов аппроксимирующих

величин задается следующим выражением,  $E(h)_i = \sum_{j=1}^n h_{i,j} V(h)_j$ , где  $V(h)_j$  –

весовой коэффициент  $j$ -го элемента позиционного числа;  $h_{i,j}$  –  $(i; j)$ -й элемент массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ . Поскольку динамический диапазон для элементов массивов аппроксимирующих величин равен  $w(h)$ , то  $V(h)_j = w(h)^{n-j}$ . В результате чего значение позиционного кода  $E(h)_i$  будет равно

$$E(h)_i = \sum_{j=1}^n h_{i,j} w(h)^{n-j}. \quad (1)$$

Выражение (1) позволяет вычислить значение кода для строки массива построчно-масштабирующей составляющей без учета условия неравенства соседних элементов. Чтобы учесть данное условие рассмотрим второй этап построения соотношения для вычисления кода.

На втором этапе требуется учесть условие неравенства элементов в строках массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ , т.е.  $h_{i,j} \neq h_{i,j+1}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Когда кодовое значение вычисляется с использованием формулы (1), то разрешенными комбинациями строки массива аппроксимирующих величин будут последовательности (строки), для которых допускается равенство как минимум для одной пары соседних элементов, т.е.:

$$h_{i,j} = h_{i,j+1}. \quad (2)$$

Тогда при вычислении кода  $E(h)_i$  для позиционных чисел с учетом неравенства соседних элементов, требуется исключить все комбинации, которые: предшествуют текущей; содержат в себе как минимум одну пару, для соседних элементов которых выполняется равенство (2).

Проанализируем  $j$ -й шаг кодирования  $i$ -й строки массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ , т.е. после обработки первых  $(j-1)$  элементов. Количество необработанных элементов текущей строки, включая  $j$ -й элемент, будет равно  $\lambda_j$ ,  $\lambda_j = (n - j + 1)$ , где  $n$  – длина строки массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ . Введем в рассмотрение подпоследовательность  $\Delta H(j)_i$ , длиной  $\lambda_j$  элементов, состоящую из необработанных элементов, а именно  $\Delta H(j)_i = \{h_{i,j}, \dots, h_{i,\chi}, \dots, h_{i,n}\}$ ,  $\chi = j, n$ . После чего рассмотрим принцип определения старшинства подпоследовательностей. Подпоследовательность  $\Delta H'(j)_i$ , составленная из  $\lambda_j$  элементов, будет предшествовать обрабатываемой  $\Delta H(j)_i$ , т.е. будет иметь меньшее значение кода

$$E'(h)_i^{(j)} < E(h)_i^{(j)}, \quad (3)$$

если выполняются условия:

1) равенства для первых  $(\chi - j + 1)$  старших элементов подпоследовательностей  $\Delta H'(j)_i$  и  $\Delta H(j)_i$ , т.е.

$$h'_{i,\xi} = h_{i,\xi}, \text{ где } \xi = \overline{j, \chi}; \quad (4)$$

2) когда  $(i; \chi + 1)$ -й элемент подпоследовательности  $\Delta H'(j)_i$  будет меньше, чем соответствующий элемент кодируемой подпоследовательности  $\Delta H(j)_i$ , т.е.

$$h'_{i,\chi+1} < h_{i,\chi+1}. \quad (5)$$

В формулах (4) и (5) используются следующие обозначения:

$E'(h)_i^{(j)}$ ,  $E(h)_i^{(j)}$  – значения кода соответственно для подпоследовательностей  $\Delta H'(j)_i$  и  $\Delta H(j)_i$ ;

$h'_{i,\xi}$  – элемент подпоследовательности  $\Delta H'(j)_i$ , предшествующей последовательности  $\Delta H(j)_i$ .

Откуда при обработке  $j$ -го элемента  $i$ -й строки по условию старшинства, заданного, младшими будут последовательности, для которых

$$h'_{i,j} < h_{i,j}. \quad (6)$$

Из них запрещенными будут комбинации, для которых

$$h'_{i,j} = h_{i,j-1}. \quad (7)$$

Логично, что количество запрещенных элементов на  $j$ -й позиции будет равно 1. При этом для остальных  $(\lambda_j - 1)$ -го элементов условия ограничения на динамический диапазон и на неравенство соседних элементов будут выполняться.

Поскольку по условию кодирования младшие  $(\lambda_j - 1)$  элементов являются элементами позиционных чисел с динамическим диапазоном, равным  $w(h)$ , то их количество равно  $\Delta V(h'_{i,j} = h_{i,j-1})$ :

$$\Delta V(h'_{i,j} = h_{i,j-1}) = 1 \times (w(h) - 1)^{n-j}, \quad (8)$$

где  $(w(h) - 1)^{n-j}$  – количество подпоследовательностей, элементы которых удовлетворяют ограничениям на диапазон и неравенство соседних элементов.

С другой стороны величина  $\Delta V(h'_{i,j} = h_{i,j-1})$  определяет количество запрещенных подпоследовательностей, составленных из  $\lambda_j$  элементов, предшествующих кодируемой подпоследовательности  $\Delta H(j)_i$ .

Теперь анализируя условия (6) и (7), получаем, что условие  $h'_{i,j} = h_{i,j-1}$  возможно тогда и только тогда, когда выполняется соотношение:

$$h_{i,j-1} < h_{i,j}. \quad (9)$$

В противном случае, когда  $h_{i,j-1} > h_{i,j}$ , то  $h'_{i,j} < h_{i,j-1}$ .

С учетом соотношения (9) количество  $\Delta V(h)_i^{(j)}$  допустимых подпоследовательностей, предшествующих  $\Delta H(j)_i$ , находится по формуле

$$\Delta V(h)_i^{(j)} = \begin{cases} h_{i,j} (w(h) - 1)^{(n-j)} - \Delta V(h'_{i,j} = h_{i,j-1}), & \rightarrow h_{i,j-1} < h_{i,j}; \\ h_{i,j} (w(h) - 1)^{(n-j)}, & \rightarrow h_{i,j-1} > h_{i,j}, \end{cases} \quad (10)$$

где  $h_{i,j} (w(h) - 1)^{(n-j)}$  – суммарное количество подпоследовательностей, для всех элементов которых, кроме  $j$ -го, выполняются ограничения на динамический диапазон и на неравенство соседних элементов.

Соотношение для кода строки массива построочно-масштабирующей составляющей, рассматриваемой как позиционное число с неравными соседними элементами, будет иметь следующий вид:  $E(h)_i = \sum_{j=1}^n \Delta V(h)_i^{(j)}$ . Введем вспомогательную величину  $\mu_{i,j}$ , равную

$$\mu_{i,j} = \begin{cases} h_{i,j}, & \rightarrow h_{i,j} < h_{i,j-1}; \\ h_{i,j} - 1, & \rightarrow h_{i,j} > h_{i,j-1}. \end{cases} \quad (11)$$

После чего, используя величину  $\mu_{i,j}$ , соотношение для кода примет вид

$$E(h)_i = \sum_{j=1}^n \mu_{i,j} (w(h) - 1)^{(n-j)}. \quad (12)$$

На начальном шаге обработки для элемента  $h_{1,1}$  в качестве предшествующего элемента  $h_0$  выбирается значение  $w(h)$ , равное динамическому диапазону массива построочно-масштабной составляющей, т.е.

$$h_0 = w(h). \quad (13)$$

Это объясняется тем, что с одной стороны на значения элементов, предшествующих элементу  $h_{1,1}$  не накладываются ограничения относительно нулевого элемента (т.е. не должно выполняться неравенство (9)). С другой стороны выбор условия (13) обеспечит выполнение неравенства  $h_0 = w(h) > h_{1,1}$ .

В случае обработки всего массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$  аппроксимирующих величин апертур на основе выражения (12) формируется последовательность кодов, т.е.  $E^{(v)} = \{E(h)_1, \dots, E(h)_i, \dots, E(h)_m\}$ .

Следовательно, соотношения (11) – (13) позволяют определить кодовое значение для строки массива аппроксимирующих величин, представляющих собой позиционные числа с неравными соседними элементами.

В этом случае в результате исключения последовательностей, содержащих равные соседние элементы, достигается устранение структурной избыточности без внесения искажений, даже в случаях когда  $w(h) \rightarrow L$  и  $h_{i,j} \rightarrow w(h)$ .

Рассмотрим свойства позиционного представления строк массива аппроксимирующих величин.

*Утверждение 1.* Верхней границей кода  $E(h)_i$  для строки массива построчно-масштабирующей составляющей является величина  $\Delta V(H)_i$ , равная накопленному произведению  $(w(h) - 1)^{(n)}$  оснований элементов позиционного числа с неравными соседними элементами, т.е.

$$E(h)_i < \Delta V(H)_i = (w(h) - 1)^{(n)}, \quad (14)$$

где  $(w(h) - 1)^{(n)}$  – количество позиционных чисел с неравными соседними элементами, имеющими следующие параметры: динамический диапазон равен  $w(h)$ , длина числа равна  $n$ .

Доказательство свойства, заданного неравенством (14), базируется на том, что между количеством  $\Delta V(h)_i^{(j)}$  допустимых подпоследовательностей, предшествующих подпоследовательности  $\Delta H(j)_i$ , и количеством  $(w(h) - 1)^{(n-j+1)}$  допустимых последовательностей, составленных из  $\lambda_j$  элементов, включая  $j$ -й элемент, выполняется неравенство

$$\Delta V(h)_i^{(j)} < (w(h) - 1)^{(n-j+1)}. \quad (15)$$

Действительно, согласно выражению (10), максимальное значение, которое может принимать величина  $\Delta V(h)_i^{(j)}$ , равно

$$\Delta V(h)_i^{(j)} \leq (w(h) - 2)(w(h) - 1)^{(n-j)} = (w(h) - 1)^{(n-j+1)} - 1.$$

Значит неравенство (14) выполняется. Соответственно количество разрядов  $\log_2 E(h)_i$ , отводимое на представление величины  $E(h)_i$ , будет ограничено сверху величиной  $D(h)_i$ ,  $\log_2 E(h)_i \leq D(h)_i = \log_2 (w(h) - 1)^n = n \log_2 (w(h) - 1)$ . Данное соотношение обеспечивает определения верхней границы затрат количества двоичных разрядов на представление кода для ПЧНСЭ с параметрами  $w(h)$  и  $n$ .

**Выводы**

1. Разработан метод сжатия изображений, базирующийся на кодировании построчно-масштабирующей составляющей (компонентами такой формы являются аппроксимирующие яркостные (цветовые) величины апертур).

2. Строки массивов построчно-масштабирующей составляющей фрагмента изображения представляются в виде позиционных чисел с неравными соседними элементами (ПЧНСЭ). Система выражений кодирования обеспечивает:

а) формирование кода для строки массива аппроксимирующих величин, рассматриваемой как позиционное число с неравными соседними элементами;

б) исключение количества позиционных чисел, которые содержат равные соседние элементы.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. *Кашкин В.Б.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений : Конспект лекций / В.Б. Кашкин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 121 с.

2. *Баранник В.В.* Методология обработки изображений в системах аэрокосмического мониторинга / В.В. Баранник, Ю.Н. Колтун // Сучасна спеціальна техніка. – № 1 (24). – 2011. – С. 12–17.

3. *Сэлмон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. – М. : Техносфера, 2004. – 368 с.

4. *Баранник В.В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. – Х. : ХУПС, 2009. – 252 с.

5. *Баранник В.В.* Информационная модель построчно-масштабирующих составляющих фрагмента изображения / В.В. Баранник, А.Ю. Школьник, Н.А. Королева // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 4. – С. 55–59.

Отримано 15.05.2012