

## МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

д.т.н., проф. П.Ф. Поляков, к.т.н. В.В. Баранник, Н.А. Королёва

Излагается метод восстановления изображений, обеспечивающий декодирование комбинированных полиадических кодов массивов длин серий и сопоставление длинам серий соответствующих цветовых координат.

**Введение.** Для восстановления изображений и оценки достоверности получаемой видеоинформации необходимо разработать метод восстановления. Разрабатываемый метод восстановления заключается в определении по двухуровневым (обобщенным и простым) полиадическим кодам массивов длин серий и получении исходных элементов изображения на основе сопоставления каждой цветовой координате соответствующей длины серии. Граф – схема метода восстановления представлена на рис. 1. Она демонстрирует последовательность выполнения основных этапов метода восстановления. Содержание этапов определяется необходимостью достоверного восстановления компактно представленных изображений, сжатых изложенным в работе [1] методом. Рассмотрим содержание каждого этапа процесса восстановления.

**Восстановление служебной информации.** Служебной информацией являются признаки столбцов массивов длин серий. Знание признаков столбцов необходимо для правильного декодирования комбинированных полиадических кодов, которые несут информацию о значениях длин серий. Такой информацией является значение признака  $g_j$  столбца, указывающего на тип сформированного для данного столбца полиадического кода. Если  $g_j=1$ , то столбец участвовал в образовании простого полиадического кода. Нулевое значение признака  $g_j=0$  указывает на то, что столбец участвовал в обобщенном полиадическом кодировании. Восстановление признаков  $g_j$  основано на декодировании полиадических кодов  $N_j(g)$ .

Поскольку значения признаков равны 0 или 1, то их совокупности образуют двоичные массивы. Причем порядок матрицы признаков равен порядку матрицы длин серий. Это упростит сопоставление признаков соответствующим столбцам массивов длин серий. Если восстанавливается  $u$ -й массив длин серий, то признак столбца  $j$  выбирается из матрицы признаков по выражению

$$g_j = g_{ij},$$

где  $i = u$ ,  $g_{ij}$  - элемент матрицы признаков;  $i$  - индекс строки матрицы признаков (количество строк в матрице признаков равно количеству массивов длин серий, для которых она формируется).

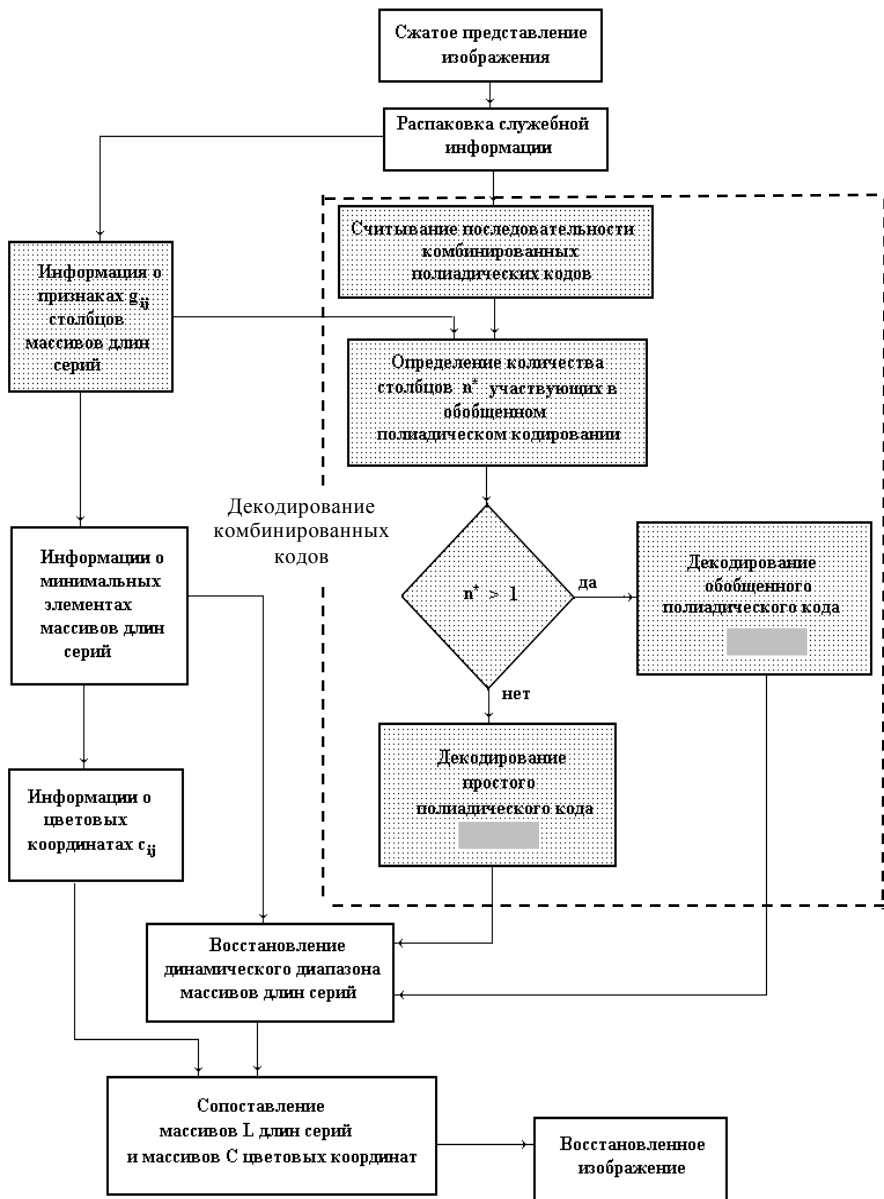


Рис. 1. Граф – схема метода восстановления изображения

Для сокращения времени восстановления двоичных массивов в начале предлагается анализировать значение верхней границы  $\lambda_i(\mathbf{g})$  диапазона  $\mathbf{i}$  - й строки. Если значение  $\lambda_i(\mathbf{g})$  равно 1, то все элементы строки будут равны 0 ( $\mathbf{g}_{ij} = 0$ , для  $\mathbf{j} = \overline{1, n_{dc}}$ ). В этом случае количество операций снижается за счет того, что не осуществляется декодирование полиадического кода  $N_j(\mathbf{g})$ . Если значение верхней границы диапазона  $\lambda_i(\mathbf{g})$  равно 2, то выполняется обратное полиадическое преобразование. Процесс восстановления признаков  $\mathbf{g}_{ij}$  задается системой выражений

$$\begin{cases} \mathbf{g}_{ij} = 0, \mathbf{j} = \overline{1, n_{dc}}, & \text{если } \lambda_i(\mathbf{g}) = 1; \\ \mathbf{g}_{ij} = \Phi_{\text{пк}}^{-1}(N_j(\mathbf{g})), & \text{если } \lambda_i(\mathbf{g}) = 2 \text{ и } \mathbf{n}^* = 1; \\ \mathbf{g}_{ij} = \Phi_{\text{ок}}^{-1}(N_j(\mathbf{g})), & \text{если } \lambda_i(\mathbf{g}) = 2 \text{ и } \mathbf{n}^* \geq 2, \end{cases}$$

где  $\Phi_{\text{пк}}^{-1}, \Phi_{\text{ок}}^{-1}$  - соответственно операторы декодирования простого и обобщенного полиадических кодов;  $\mathbf{n}^*$  - количество столбцов, участвующих в обобщенном полиадическом кодировании.

Восстановленные значения признаков столбцов являются дополнительной информацией для декодирования комбинированных кодов (рис. 1).

**Декодирование комбинированных кодов.** Декодирование комбинированных кодов необходимо для получения информации о длинах серий, сформированных для исходного изображения. Поскольку массивы длин серий описывают форму и структурное содержание фрагментов изображения, то правильное восстановление информации о длинах серии одинаковых элементов обеспечит точное идентифицирование объектов изображения [2, 3]. Процесс декодирования основан на комбинированном декодировании простых и обобщенных полиадических кодов, сформированных соответственно для одного и нескольких столбцов массивов длин серий. *Рассмотрим процесс декодирования комбинированных кодов.* Для определения количества столбцов, для которых был сформирован комбинированный код, необходимо анализировать значения признаков  $\mathbf{g}_{ij}$  этих столбцов. Значения признаков для каждого столбца были получены на начальном этапе восстановления изображения. Если значение признака равно 1, то для данного столбца формировался простой полиадический код. Тогда элементы столбца  $L^{(j)}$  массива длин серий восстанавливаются на основе выражения

$$\ell_{ij} = \Phi_{\text{пк}}^{-1}\{N_j\}; \quad \mathbf{i} = \overline{1, m_{dc}}; \quad \ell_{ij} \in L^{(j)},$$

где  $\ell_{ij}$  - восстановленный элемент массива длин серий, стоящий на пересечении строки  $\mathbf{i}$  и столбца  $\mathbf{j}$ ;  $\Phi_{\text{пк}}^{-1}\{N_j\}$  - оператор декодирования простого полиадического числа [4];  $m_{dc}$  - количество строк в массиве длин серий.

**Декодирование обобщенного полиадического кода.** Если текущее значение признака столбца равно нулю ( $g_{ij}=0$ ), то определяется количество столбцов, для которых был сформирован общий код. Определение количества столбцов, участвующих в обобщенном полиадическом кодировании проводится путем подсчета нулевых значений признаков  $g_{ij}$  в массиве длин серий

$$n^{\bullet} = \sum_{j=1}^{n_{дс}} (1 - g_j),$$

где  $n_{дс}$  - количество столбцов в массиве длин серий.

После того, как найдено значение  $n^{\bullet}$ , реализуется декодирование обобщенного полиадического кода  $N_{n^{\bullet}}$ . В этом случае элементы столбцов массива длин серий восстанавливаются в пределах столбца сверху – вниз, а столбцы – поочередно слева – направо. Такой процесс восстановления задается выражениями:

$$l_{ij} = \Phi_{ок}^{-1} \{ N_{n^{\bullet}} \}; \quad i = \overline{1, m_{дс}}; \quad j = \overline{1, n^{\bullet}}; \quad l_{ij} \in L^{(n^{\bullet})} = \bigcup_{j=1}^{n^{\bullet}} L(j),$$

где  $L^{(n^{\bullet})}$  - обозначение совокупности столбцов, восстанавливаемых при декодировании общего кода  $N_{n^{\bullet}}$ ;  $\Phi_{ок}^{-1} \{ N_j \}$  - оператор декодирования обобщенного полиадического кода  $N_{n^{\bullet}}$  [4].

Согласно граф – схеме (рис. 1) после декодирования комбинированных кодов, необходимо восстановить динамический диапазон длин серий. Это объясняется тем, что при сжатии изображения полиадическое кодирование осуществлялось для длин серий с уменьшенным диапазоном.

**Восстановление динамического диапазона длин серий.** Восстановление исходного динамического диапазона длин серий реализуется за счет добавления к полученным (на предыдущем этапе) элементам массивов  $L$ , соответствующего минимального значения

$$l_{ij} = l'_{ij} + l_{\min},$$

где  $l'_{ij} \cdot l_{ij}$  - значения длин серий соответственно до и после восстановления диапазона;  $l_{\min}$  - минимальная длина серии в массиве  $L$ .

В результате восстановления динамического диапазона получены исходные значения длин серий одинаковых элементов изображений. Точный диапазон значений длин серий позволит восстановить исходные формы объектов изображения. Тогда процесс восстановления изображений состоит в сопоставлении длинам серий требуемых цветовых координат.

**Восстановление исходного изображения.** Восстановление исходных элементов изображений по массивам  $L$  состоит в сопоставлении длин серий соответствующих цветовых координат. Такое сопоставление обеспечит насыщение структурных форм объектов (полученных на основе восстановления массивов длин серий) соответствующей цветовой палитрой. Процесс сопоставления массивов длин серий и массивов цветовых координат заключается в следующем.

1. Раздробить массивы длин серий и цветовых координат на зоны соответствия (в общем случае) так, чтобы выполнялись условия:

- элемент зоны длин серий является истинным количеством повторов элемента зоны цветовых координат;
- количество элементов в зоне цветовых координат равно количеству элементов в зоне длин серий.

2. Организовать хранение координат начала и конца каждой зоны.

3. Обеспечить синхронизацию между моментом завершения обработки текущей зоны и началом обработки очередной зоны.

4. Добиться соответствия между каждой цветовой координатой серии и соответствующей длиной. Другими словами нужно организовать поиск и выборку в массивах длин серий и в массивах цветовых координат таких элементов, которые бы позволили восстановить изображение без искажений.

Для упрощения программной и аппаратной реализации процесса сопоставления массивов длин серий и массивов цветовых координат предлагается организовывать массивы  $C$  следующим образом:

а) количество столбцов в массивах цветовых координат должно быть кратно количеству столбцов в массивах длин серий

$$n_{цв} = v_{дс} \cdot n_{дс}$$

где  $v_{дс}$  - целое число, равное количеству массивов  $L$ ;

б) количество элементов в столбце массива  $C$  должно быть равным количеству элементов в столбце массива  $L$ :

$$m_{цв} = m_{дс}$$

Предложенная организация массивов цветовых координат позволит:

1. Не осуществлять каждый раз дробление массивов  $L$  и  $C$  на зоны соответствия, так как зоной является столбец постоянных размеров для массивов длин серий и массивов цветовых координат.

2. Избежать хранения координат начала и конца каждой зоны.

3. Облегчить процесс сопоставления элементов массивов  $L$  и  $C$ , поскольку координаты элементов в массиве  $C$  будут равны координатам соответствующего элемента в массиве  $L$ :  $c_{ij} \leftrightarrow l_{ij}$ .

Кроме того, для предложенной организации массивов цветовых координат появляется возможность сопоставлять столбцам массива  $C$  не столбцы массива  $L$ , а их полиадические коды. Причем, если полиадический код был сформирован для нескольких столбцов массива длин серий

(обобщенный код), то для выборки соответствующих столбцов массива  $C$  необходимо воспользоваться информацией о признаках столбца. В противном случае потребовалось бы дополнительно организовывать поиск и выборку нужных зон массива цветовых координат.

Восстановление элементов  $a_{ij}$  изображений по предложенной схеме сопоставления массивов длин серий и массивов цветовых координат задается следующей системой выражений

$$\begin{cases} a_{i,j+\xi-1} = c_{ij}, & \xi = \overline{1, l_{ij}}, & \text{если } l_{ij} < L_{\max}; \\ a_{i,j+L_{\max}-1} = c_{ij}, & \xi = \overline{1, L_{\max}}, & \text{если } l_{ij} = L_{\max}. \end{cases}$$

В результате сопоставления всем длинам серий соответствующих цветовых координат заканчивается процесс восстановления изображения.

**Выводы.** Таким образом, разработан метод восстановления изображений, обеспечивающий:

- декодирования комбинированных полиадических кодов;
- восстановление массивов длин серий;
- сопоставление массивов цветовых координат и массивов длин серий.

Разработанный метод восстановления позволяет:

- восстановить изображение без потери качества;
- исключить затраты машинных операций на: поиск и выборку зон массивов  $L$  и  $C$ , обращения к внешнему запоминающему устройству (ВЗУ) для хранения координат начала и конца зон, сопоставления индексов элементов массивов  $L$  и  $C$ , а также сократить количество операций на сопоставление обобщенного полиадического кода и необходимых столбцов массивов цветовых координат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Королёва Н.А. Сжимающее отображение на основе кодирования массивов длин серий // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 5(15). – С. 67 - 74.
2. Зубарев Ю.В. Дворкович В.П. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений М.: Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 790 с.
4. Королев А.В. Баранник В.В. Метод восстановления трансформант ДКП // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 3(9). – С. 83 - 86.

*Поступила в редколлегию 5.09.2001*