

УДК 629.391

**В.Н. Кривонос,****А.В. Хаханова,**

кандидат технических наук, доцент

## МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ КОМПОНЕНТ ТРАНСФОРМАНТ В ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

*Разработан метод восстановления низкочастотных компонент трансформант, основывающийся на дешифрировании данных статистического кода. Излагаются этапы разработки, способы реконструкции вектора значимых компонент. Учитываются неравенство значений соседних компонент и ограниченности динамического диапазона трансформанты.*

**Ключевые слова:** восстановление низкочастотной компоненты, реконструкция вектора значимых компонент трансформант.

*Розроблено метод відновлення низькочастотних компонент трансформант, який ґрунтується на дешифруванні даних статистичного коду. Викладено етапи розробки, способи реконструкції вектора значимих компонент. Враховуються нерівність значень сусідніх компонент і обмеженості динамічного діапазону трансформанти.*

**Ключові слова:** відновлення низькочастотної компоненти, реконструкція вектора значимих компонент трансформант.

*The method of restoration of low-frequency transformant components, basing on a decryption of a statistical code, is developed. Stages, methods of reconstruction of a vector of meaningful components, are stated. Inequality of values of nearby components and limit nature of dynamic range of transformants is taken into account.*

**Keywords:** renewal of low-frequency component, reconstruction of vector of meaningful components of transforms.

В настоящее время выдвигаются повышенные требования к использованию видеоинформационных ресурсов, направленные на обеспечение безопасности видеоинформации. Доступность и целостность видеоданных является приоритетной задачей. Это достигается не только благодаря использованию эффективных методов компрессии видеоданных. Также необходимо разработать и обратный процесс, а именно метод восстановления. Это позволит обеспечить своевременное и достоверное получение информации.

Отсюда, *цель исследований* заключается в разработке метода реконструкции низкочастотных и значимых компонент трансформант, для обеспечения целостности и надёжности видеоинформационных ресурсов.

В рамках этого, был предложен новый метод сжатия [5]. Особенность метода заключается в том, что в преобразованном (трансформированном) изображении, из двумерного массива данных компонент, размером  $8 \times 8$  пикселей, с помощью одного из методов обхода плоскости, а именно зигзаг-сканирования формируется

одномерний массив компонент, вектор  $Y_m$ . В котором можно выделить три основные составляющие. Первая составляющая это низкочастотная компонента  $y_1$ , в которой сосредоточено основную часть информации об изображении [1, 2, 3]. Из оставшихся компонент предлагается сформировать два вектора: вектор значимых компонент  $Y_{m-1}$ , состоящий из значимых компонент развернутой трансформанты (рис. 1), и вектор масштабирующих компонент  $G_{m-1}$ , его компоненты определяют количество повторов значений значимых компонент.

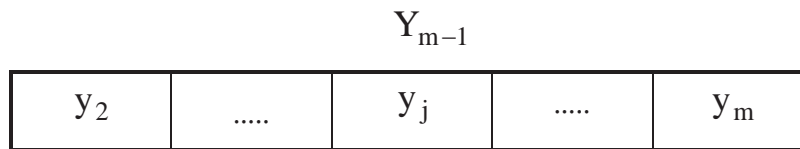


Рис. 1. Структура вектора значимых компонент  $Y_{m-1}$ .

В процессе сжатия и восстановления, низкочастотная компонента  $y_1$  компоненты векторов  $Y_{m-1}$  и  $G_{m-1}$  обрабатывается отдельно на основе применения соответствующей технологии кодирования и декодирования. Это позволяет повысить время обработки и уменьшить битовое пространство для представления компонент трансформант [4].

#### Реконструкция низкочастотной компоненты трансформант

Рассмотрим процесс восстановления первой низкочастотной компоненты  $y_1$ . Она обозначается как DC, и представляется в виде разности значений текущей компоненты DC(t) и компоненты DC(t-1) предыдущей соседней трансформанты, а именно:  $\Delta DC(t) = DC(t) - DC(t-1)$ . Здесь  $\Delta DC(t)$  – значение разницы компонент DC(t) и DC(t-1); DC(t) – значение низкочастотной компоненты для текущей t-й трансформанты; DC(t-1) – значение компоненты для предыдущей (t-1)-й трансформанты. Используется условие, состоящее в том, что низкочастотная компонента образуется с двух частей, двоичного основного  $[l_i]_2$  и дополнительного  $[d_i]_2$  кода (рис. 2).

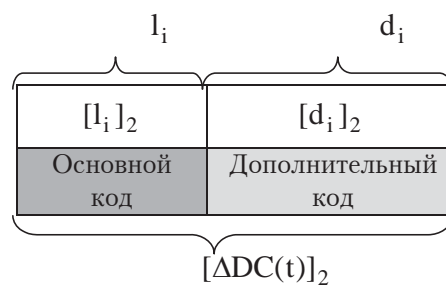


Рис. 2. Структура кода низкочастотной компоненты.

Низкочастотные компоненты DC кодируются двумя частями (рис. 2), что задается следующей формулой:  $[\Delta DC(t)]_2 = [l_i]_2 \cup [d_i]_2$ , где  $[\Delta DC(t)]_2$  – двоичная запись значения разности  $\Delta DC(t)$  компоненты,  $[l_i]_2$  – двоичная запись основного кода,  $[d_i]_2$  – двоичная запись дополнительного кода.

Основной код – это статистический код длиной равной  $l_i$  бит, обладающий свойством префиксности, записанный в двоичном виде  $[l_i]_2$ . Дополнительный код  $[d_i]_2$  – это количество  $d_i$  дополнительных бит, которые формируются из младших разрядов значения разности  $\Delta DC(t)$ , записанные в двоичном виде [5].

Последовательность восстановления низкочастотной компоненты представлена на рис. 3.

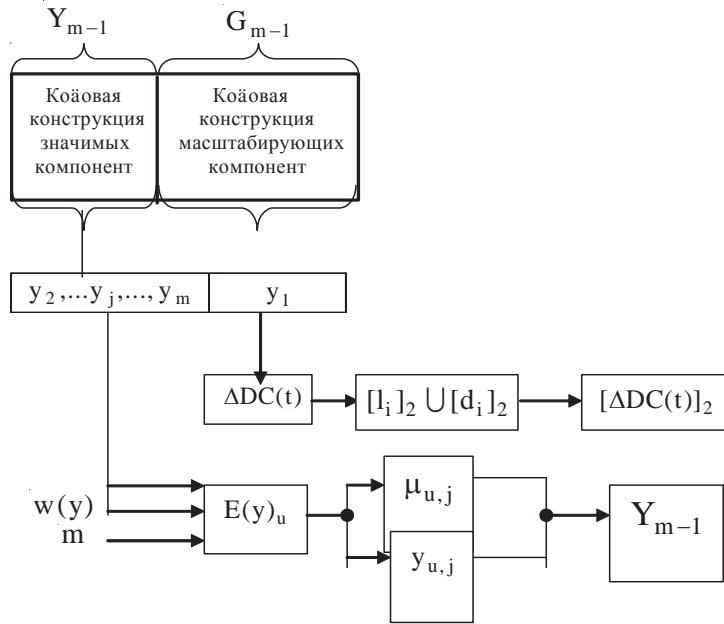


Рис. 3. Кодовая конструкция декодирования компонент вектора  $Y_{m-1}$  и низкочастотной компоненты  $y_1$ .

Здесь  $E(y)_u$  – кодовое значение позиционного числа с неравными соседними элементами;  $\mu_{u,j}$  – вспомогательная величина;  $w(y)$  – динамический диапазон;  $m$  – количество компонент;  $j$  – компонента вектора  $Y_{m-1}$ .

Для представления низкочастотной компоненты кодер использует статистический код, который хранится в двоичном виде в специальных таблицах. Декодер перед восстановлением низкочастотных компонент трансформант, получает эти таблицы, и в первую очередь должен из непрерывного потока битов воссоздать нормализованные компоненты преобразования. Поскольку последовательности двоичных основных кодов являются мгновенной и однозначно декодируемой, этот шаг легко реализуется при помощи табличного преобразования, представленной в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Стандартные коды для низкочастотных компонент

| Категория кодирования коэффициентов DC | Двоичный код (основной код) | Длина дополнительного кода | Длина кода значения разности коэффициента $\Delta DC(t)$ . |
|--|-----------------------------|----------------------------|--|
| $i$                                    | $[l_i]_2$                   | $d_i$                      | $l(\Delta DC(t))$  |
| 0                                      | 010                         | 0                          | 3  |
| 1                                      | 011                         | 1                          | 4  |
| 2                                      | 100                         | 2                          | 5  |
| 3                                      | 00                          | 3                          | 5  |
| 4                                      | 101                         | 4                          | 7  |
| 5                                      | 110                         | 5                          | 8  |
| 6                                      | 1110                        | 6                          | 10   |
| 7                                      | 11110                       | 7                          | 12   |
| 8                                      | 111110                      | 8                          | 14   |
| 9                                      | 1111110                     | 9                          | 16   |
| A                                      | 11111110                    | 10                         | 18   |
| B                                      | 111111110                   | 11                         | 20   |

Таблиця 2. Категорії кодирования коефіцієнт

| Диапазон значений компонент DC |                           | Коды разрядности (категория) для разности компонент DC, |
|--------------------------------|---------------------------|---|
| Отрицательный диапазон         | Положительный диапазон    | $i = \overline{0,16}$                                   |
| $-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$    | $2^{i-1}, \dots, 2^i - 1$ | $i$   |

В табл. 2 приняты следующие обозначения:  $-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$  – отрицательный диапазон значения компонент DC, соответствующий  $i$ -ой категории;  $2^{i-1}, \dots, 2^i - 1$  – положительный диапазон значения компонент DC, соответствующий  $i$ -ой категории;  $i$  – номер категории;  $i = \overline{0,16}$  – значение категории от 0 до 16 бит.

*Пример.* На приемную сторону поступило кодовое слово  $\{1;0;1;0;1;1;0\}$ . Декодер начинает побитовое сканирование слева направо, до тех пор, пока не выявит код из табл. 1. Это будет основной код  $[l_i]_2$  равный:  $[l_i]_2 = \{1;0;1\}$ . Из табл. 2. видно, что основной код  $\{1,0,1\}$  находится в категории 4, т.е.  $i = 4$  и оставшиеся 4 бита это дополнительный код  $[d_i]_2$ ,  $[d_i]_2 = \{0,1,1,0\}$ . Так как  $[d_i]_2$  находится в отрицательном диапазоне  $-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$ , необходимо к дополнительному коду прибавить 1, т.е.  $[d_i]_2 + 1$ . Тогда  $[d_i]_2 = \{0,1,1,1\}$ . По табл. 1 видно, что дополнительный код  $\{0,1,1,1\}$  уточняет категорию до точного значения разности и соответствует значению  $(-9)$ .

#### Способ восстановления вектора значимых компонент трансформанты

Восстановление значимых компонент в векторе  $Y_{m-1}$  осуществляется в два этапа (рис. 1). Первый этап. Метод восстановления значимых компонент заключается в декодировании кодового значения  $E(y)_u$  позиционного числа с неравными соседними элементами. Это позволит получить строку  $\Delta H_u$  массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$  построчно масштабирующей составляющей. Здесь используется информация об основании  $w(y)$ , количестве элементов  $m$ , а также о нулевом элементе позиционного числа с неравными соседними элементами, равным  $Y_{u,0} = w(y)$ . Восстановление элементов построчно-масштабирующей составляющей организуется следующими действиями. Проводится восстановление элементов  $\mu_{u,j}$ . По определению на элементы  $\mu_{u,j}$  накладывается только одно ограничение, а именно:

- $\mu_{u,j} < w(y)$ , если  $u=1, j=1$ ;
- $\mu_{u,j} < (w(y)-1)$ , если  $u=1$ , а  $j = \overline{2, m}$ .

Отсюда последовательности, составленные из элементов  $\mu_{u,j}$ , являются позиционными числами. Их восстановление осуществляется по формулам

$$\mu_{u,1} = [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-1)}]; \quad (1)$$

$$\mu_{u,j} = [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)+1}] (w(y) - 1), \quad (2)$$

$$j = \overline{2, m},$$

где  $(w(y) - 1)^{(m-j)}$  – динамический диапазон элемента  $\mu_{u,j}$ .

Второй этап связан с восстановлением элементов  $u_{u,j}$  массивов построчно-масштабирующих составляющих на основе полученных на предыдущем этапе величин  $\mu_{u,j}$ . Для этого используется взаимнооднозначное соответствие между

елементами  $y_{u,j}$  и  $\mu_{u,j}$ . Формула для определения величин  $Y_{u,j}$  на основе известных значений  $\mu_{u,j}$  и  $Y_{u,j-1}$  примет вид

$$Y_{u,j} = \begin{cases} \mu_{u,j}, & \rightarrow \mu_{u,j} < Y_{u,j-1}; \\ \mu_{u,j} + 1, & \rightarrow \mu_{u,j} \geq Y_{u,j-1}. \end{cases} \quad (3)$$

Объединив выражения (1) – (3), получим систему аналитических соотношений для восстановления элементов массивов построчно-масштабирующих составляющих

$$Y_{u,j} = \begin{cases} [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)+1}] (w(y) - 1), \\ \rightarrow \mu_{u,j} < Y_{u,j-1}; \\ [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y) - 1)^{(m-j)+1}] (w(y) - 1) + 1, \\ \rightarrow \mu_{u,j} \geq Y_{u,j-1}. \end{cases} \quad (4)$$

Аналогичным образом организуется восстановление элементов других строк массива  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ . Соотношение (4) обеспечивает восстановление элементов массивов построчно-масштабирующих составляющих без внесения ошибок на основе известного значения кода, величины динамического диапазона массивов  $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ .

### Выводы

Разработана технология восстановления изображений, которая базируется на:

1) восстановлении низкочастотной компоненты  $y_1$ , по имеющимся на приёмной стороне таблицам, в которых хранятся статистические коды. Это обеспечивает однозначное воспроизведение низкочастотных компонент трансформант;

2) реконструкцию значимых компонент вектора  $Y_{m-1}$ , которая заключается в декодировании кодового значения позиционного числа с неравными соседними элементами и величины динамического диапазона массивов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Gonzales R.C.* Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. – Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. – 779 p.
2. *Миано Дж.* Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии / Дж. Миано. – М. : Издательство Триумф, 2003. – 336 с. : илл.
3. *Сэлмон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. – М. : Техносфера, 2004. – 368 с.
4. *Баранник В.В.* Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей / В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А. Королева // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Х. : ХНАУ "ХАІ", 2009. – Вип. 1. – С. 55–61.
5. *Кривонос В.М.* Метод компактного представления вектора масштабирующих компонент трансформант / В.М. Кривонос, Н.К. Гулак // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 3. – С. 22–31.

Отримано 12.03.2013