

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТ ТРАНСФОРМАНТ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВИДЕОДАНЫХ

Описывается метод восстановления компонент трансформант в технологии декомпрессии цифровых изображений, который основывается на реконструкции вектора значимых компонент и вектора масштабирующих компонент. Отдельно предлагается реконструкция низкочастотной компоненты с использованием статистического кода. В статье излагается последовательность и основные этапы восстановления каждого вектора составляющей трансформанты. Обосновывается однозначность декодирования компонент трансформант.

1. Введение

В последнее десятилетие наблюдается бурное развитие теории и практических основ построения методов сжатия видеоданных. Повышение эффективности существующих систем передачи и хранения видеоданных с относительно ограниченными затратами достигается путем использования новых методов сжатия видеоданных. Однако для интегрирования процессов сжатия видеоданных требуется обеспечить своевременное и достоверное получение видеoinформации на приемной стороне [1-3]. Это диктует необходимость решения *научно-прикладной задачи*, заключающейся в обеспечении заданной достоверности и времени обработки в процессе реконструкции сжатых изображений.

Метод сжатия компонент трансформант в технологии обработки видеоданных описан в работе [4]. Особенность процесса сжатия заключается в том, что вектор Y_m значимых компонент состоит из трёх составляющих, а именно: низкочастотной компоненты y_1 ; вектора значимых компонент Y_{m-1} ; вектора масштабирующих компонент G_{m-1} . Его компоненты определяют количество повторов значимых компонент. *Цель* исследования состоит в разработке метода восстановления трансформированных изображений, который основывается на реконструкции низкочастотной составляющей, и векторов значимых и масштабирующих компонент. Восстановление каждой составляющей вектора Y_m предлагается проводить отдельно с использованием разных технологий реконструкции.

2. Восстановление низкочастотной компоненты в трансформированных изображениях

Низкочастотная компонента представляется в виде разности значений текущей компоненты $DC(t)$ и компоненты $DC(t-1)$ предыдущей соседней трансформанты, а именно: $\Delta DC(t) = DC(t) - DC(t-1)$, где $\Delta DC(t)$ – 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.

Процесс восстановления низкочастотной компоненты y_1 начинается с дешифрирования статистического кода, который состоит из двух частей. Основной – это статистический код длиной, равной l_1 бит, обладающий свойством префиксности, записанный в двоичном виде $[l_1]_2$. Дополнительный код $[d_1]_2$ – это количество d_1 дополнительных бит, которые формируются из младших разрядов значения разности $\Delta DC(t)$, записанные в двоичном виде.

Декодер перед восстановлением низкочастотных компонент трансформант получает 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 (табл. 1 и 2).

В табл.2 приняты следующие обозначения: $-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$ – отрицательный диапазон значения компонент DC, соответствующий i -й категории; $2^{i-1}, \dots, 2^i - 1$ – положительный диапазон значения компонент DC, соответствующий i -й категории; i – номер категории; $i = \overline{0, 16}$ – значение категории от 0 до 16 бит [3].

Таблица 1

Стандартные коды для низкочастотных компонент

Категория кодирования	Двоичный код	Длина d_i	Длина $\Delta DC(t)$
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

Таблица 2

Категории кодирования низкочастотных компонент

Диапазон значений компонент DC		Коды разрядности для 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

3. Реконструкция значимых компонент трансформант

Восстановление значимых компонент в векторе Y_{m-1} осуществляется в два этапа.

Первый этап. Метод восстановления компонент заключается в декодировании кодового значения $E(y)_u$ позиционного числа с неравными соседними элементами. Основываясь на имеющейся информации, 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 $u=1, j=\overline{2, m}$. Отсюда последовательности, составленные из элементов $\mu_{u,j}$, являются позиционными числами. Их восстановление осуществляется по формулам

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

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

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

Второй этап. Связан с восстановлением элементов $u_{u,j}$ на основе полученных на предыдущем этапе величин $\mu_{u,j}$. Формула для определения величин $u_{u,j}$ на основе известных значений $\mu_{u,j}$ и $u_{u,j-1}$ примет вид

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

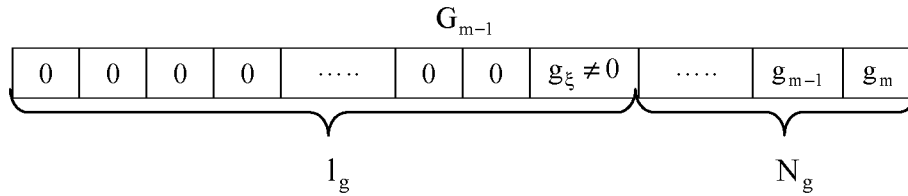
Объединив выражения (1) – (3), получим систему аналитических соотношений для восстановления элементов значимых компонент:

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

Соотношение (4) обеспечивает восстановление вектора значимых компонент без внесения ошибок.

4. Реконструкция масштабирующих компонент трансформант

Вектор масштабирующих компонент G_{m-1} состоит из трёх структурных составляющих (рисунок).



Структура вектора масштабирующих компонент G_{m-1}

Обозначим в векторе G_{m-1} каждую составляющую следующим образом: $G_{m-1} = \{G_1^{(I_g)}; G_2; g_m\}$, где $G_1^{(I_g)}$ – количество первых нулевых элементов в векторе G_{m-1} , т.е. $G_1^{(I_g)} = \{g_1, \dots, g_{I_g}\}$. Здесь $g_{\xi} = 0$, $\xi = \overline{1, I_g}$; G_2 – элементы вектора G_{m-1} за исключением первой и последней серии нулей, т.е. $G_2 = \{g_{I_g}, \dots, g_{m-1}\}$, где g_m – последняя компонента вектора G_{m-1} [5].

Реконструкцию вектора масштабирующих компонент предлагается сформировать из трёх этапов. Рассмотрим первый этап: декодирование кода начальной серии нулей в векторе масштабирующих компонент. Код длины серии I_g представляется кодовой конструкцией $[I_g]_2$. Данная кодовая конструкция содержит информацию о её длине. Соответственно позиционирование кодового слова определяется на основе величины $l(E_1)$. Тогда, зная длину $l(E_1)$ кодового слова, возможно безошибочно получить значение длины серии I_g . Это достигается в результате таких преобразований: $I_g = \sum_{\xi=1}^{l(E_1)-1} \alpha_{\xi} \cdot 2^{\xi}$; $[I_g]_2 = \{\alpha_1, \dots, \alpha_{\xi}, \dots, \alpha_{l(E_1)}\}$, где α_{ξ} – двоичный элемент последовательности $[I_g]_2$; ξ – индекс двоичного элемента в $[I_g]_2$. Это позволяет получить первую составляющую E_1 вектора масштабирующих компонент G_{m-1} , а именно: $g_j = 0$, $j = \overline{1, I_g}$; $E_1 = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_{I_g}\}$.

На втором этапе процесса восстановления осуществляется реконструкция второй структурной составляющей E_2 вектора масштабирующих компонент трансформанты. Для этого необходима служебная информация о максимальном значении динамического диапазона последовательности g_{I_g}, \dots, g_{m-1} . Определение позиции компонент второй составляющей осуществляется по следующему правилу:

$$P_1(E_2) = l(E_1) + 1; P_2(E_2) = l(E_1) + 1 + d_1; P_{\xi}(E_2) = P_{\xi-1}(E_2) + d_1,$$

где P_1, P_2, P_ξ – позиция компоненты второй структурной составляющей вектора G_{m-1} ; $l(E_1)$ – длина первой части кода вектора G_{m-1} ; d_1 – целое количество бит, необходимых на представление компоненты второй структурной составляющей вектора G_{m-1} кодом Бодо.

После определения позиции первого и конечного бита восстанавливается соответствующее значение: $g_\xi = \sum_{\xi=1}^{d_1} \alpha_\xi \cdot 2^\xi$, $\xi = l_g + 1, m - 1$.

Третий этап. Структурный параметр g_m вектора масштабирующих компонент G_{m-1} представляет собой длину последней серии элементов, имеющих нулевые значения.

Параметр g_m вектора масштабирующих компонент G_{m-1} на приёмной стороне определяется на основе первых двух структурных составляющих вектора G_{m-1} . Для этого используется условие: $\sum_{\xi=1}^{m-1} g_\xi = l_g + N_g$, с учетом чего величина g_m вычисляется по следующей формуле: $g_m = n^2 - l_g - N_g$, где n – линейный размер трансформанты.

Выводы

Разработан метод восстановления компонент трансформант в видеоданных, который основывается на реконструкции:

1) низкочастотных компонент y_1 . Восстановление компонент на приёмной стороне происходит по специальным таблицам, в которых хранятся созданные кодером статистические коды;

2) вектора значимых компонент Y_{m-1} . Восстановление значимых компонент заключается в декодировании кодового значения позиционного числа с неравными соседними элементами и динамического диапазона массивов;

3) вектора масштабирующих компонент G_{m-1} . Восстановление масштабирующих компонент основывается на декодировании двух основных структурных параметров вектора G_{m-1} , а именно: восстановление начальной нулевой серии l_g , вектора G_{m-1} на основе декодирования кода длины серии; восстановление последовательности, расположенной между начальной серией нулей l_g и последней компонентой g_m вектора G_{m-1} . Проводится в результате декодирования кода Бодо с использованием информации о максимальном динамическом диапазоне.

Список литературы: 1. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004. 368с. ISBN 5-94836-027-X. 2. *Gonzales R.C.* Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. 779p. 3. *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. 4. *Кривонос В.Н.* Метод компактного представления вектора масштабирующих компонент трансформант / В.Н. Кривонос, Г.Н. Гулак // *Сучасна спеціальна техніка*. 2012. №3. С. 22 – 30.