

УДК 621.327:681.5

А.Н. Додух

ТЕХНОЛОГИИ ИНКАПСУЛЯЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО КОДА

В статье рассматривается разработка технологии инкапсуляции кодовых составляющих из общей кодовой конструкции на основе позиционирования и декомпозиции двухкомпонентного кода. Излагается реализация оператора декодирования двухэлементного позиционного числа, обеспечивающего получение двухкомпонентного вектора, состоящего из кодового значения элементов строки массива аппроксимирующих величин и кодового значения элементов массива длин апертур.

Ключевые слова: восстановление изображений, инкапсуляция двухкомпонентного кода.

У статті розглядається розробка технології інкапсуляції кодових складових із загальної кодової конструкції на основі позиціонування та декомпозиції двокомпонентного коду. Викладено реалізацію оператора декодування двоелементного позиційного числа, яке забезпечує отримання двокомпонентного вектора, що складається з кодового значення елементів строки масиву апроксимуючих величин і кодового значення елементів масиву довжин апертур.

Ключові слова: відновлення зображень, інкапсуляція двокомпонентного коду.

The technology of the development of an encapsulation of code components making from the general code design on the basis of positioning and decomposition of a two-component code is considered.

Keywords: image restoration, encapsulation of two-component code.

Одним из показателей развития информатизации государства является состояние средств дистанционного сбора и передачи видеoinформации. Ключевой составляющей являются аэрокосмические средства [1; 2]. В тоже время важно отметить, что основные проблемы, связаны со сбором и доставкой видеoinформации пользователям. Поэтому необходимость развития технологий компактного представления изображений очевидна [3; 4]. Эффективный подход для совершенствования технологий сжатия заключается в: осуществлении сжатия изображений с контролируемой потерей качества с использованием апертурной аппроксимации; обеспечении сжатия апертурных характеристик не только на основе сокращения статистической избыточности, но и на основе уменьшения структурной избыточности. В работе [5] разрабатывается метод сжатия изображений на основе двухкомпонентного кодирования, в этом случае осуществляется формирование интегрированного кода для двух составляющих, а именно построено-масштабирующей и неравномерно-структурной. Соответственно показано преимущества созданной технологии интегрирования относительно бит-ориентированного подхода.

Для восстановления изображений требуется организовать рассжatie изображений, учитывая особенности соответствующего метода компрессии. Поэтому актуальной *целью исследований* является обеспечение восстановления изображений на основе декомпозиции двухкомпонентного кодового описания составляющих апертур изображений.

Для этого в первую очередь необходимо организовать изъятие кодовых составляющих из общей кодовой конструкции на основе позиционирования и декомпозиции двухкомпонентного кода (ДК). Для этого сформулируем и решим следующую задачу.

Формулировка задачи. Требуется построить оператор $F_{dcp}\{D_{nec}; E(h; \ell)_\xi; v(h, i)_\xi; v(\ell)_\xi\}$, обеспечивающий получение двухкомпонентного вектора $\{E(h)_{i, v(h, i)_\xi}^{(i, \gamma)}; \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1, \tau}^{(\alpha, \gamma)}\}$, состоящего из кодового значения $E(h)_{i, v(h, i)_\xi}^{(i, \gamma)}$ элементов строки массива $\Delta H_{m, n}^{(v)}$ и кодового значения $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1, \tau}^{(\alpha, \gamma)}$ элементов массива $\Delta L_{m, n}^{(v)}$, т.е.

$$\{E(h)_{i, v(h, i)_\xi}^{(i, \gamma)}; \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1, \tau}^{(\alpha, \gamma)}\} = F_{dcp}\{D_{nec}; E(h; \ell)_\xi; v(h, i)_\xi; v(\ell)_\xi\} \quad (1)$$

при следующих условиях:

$$\begin{cases} [\log_2 E(h; \ell)_\xi] + 1 < [\log_2 ((w(h)_i - 1)^{v(h, i)_\xi} w(\ell)^{(n-\gamma+1) + \beta n + j})] + 1 \leq D_{nec}; \\ v(\ell)_\xi = (n - \gamma + 1) + \beta n + j; \\ \delta_{dcp} = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где $v(h, i)_\xi$ – количества элементов в i -й строке массива аппроксимирующих величин апертур, для которых формируется кодовое значение $E(h)_{i, v(h, i)_\xi}^{(i, \gamma)}$; $v(\ell)_\xi$ – количество добавляемых элементов от массива длин апертур, на базе которых формируется кодовое значение $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1, \tau}^{(\alpha, \gamma)}$; δ_{dcp} – среднеквадратический показатель искажений, обусловленных обработкой в процессе декомпозиции ДК.

Разработка технологии инкапсуляции кодовых составляющих двухкомпонентной структуры

Первое условие системы (2) указывает на то, что ДК формируется по компонентному принципу, т.е. кодовое слово формируется для интегрированного двухкомпонентного кодового значения $E(h; \ell)_\xi$, и определяет ограничения на количество элементов массивов $\Delta H_{m, n}^{(v)}$ и $\Delta L_{m, n}^{(v)}$, участвующих в образовании ДК. Второе условие системы накладывает ограничения на количество элементов строк массива $\Delta L_{m, n}^{(v)}$, для которых формируется кодовое значение $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1, \tau}^{(\alpha, \gamma)}$. Третье условие $\delta_{dcp} = 0$ накладывает ограничение на отсутствие ошибок в процессе декомпозиции ДК. Это необходимо для обеспечения контроля искажений в процессе обработки изображений.

На данном этапе процесса восстановления осуществляется следующая обработка:

1. Определение начала и конца кодограммы, содержащей информацию об ДК, т.е. ее позиционирование в кодовой конструкции сжатого представления фрагмента изображения. Данный этап решается с учетом того, что длина кодограмм является равномерной. Поэтому не требует проведения анализа разделителей и префикса кодограмм.

2. Позиционирование ДК относительно массива аппроксимирующих величин апертур и массива длин апертур. Требуется определить координаты начальных и конечных элементов соответственно для массивов $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ и $\Delta L_{m,n}^{(v)}$, на базе которых формируется ДК $E(h; \ell)_\xi$. Предлагается по аналогии с процессом сжатия проводить последовательное нахождение количества элементов для массива аппроксимирующих величин апертур и массива длин апертур.

2.1. Длина $D_{\text{нec}}$ кодового слова для построения текущего кода считается заданной. По условию формирования ДК выбор первой составляющей на основе построения кода проводится для элементов одной строки массива $\Delta H_{m,n}^{(v)}$. Для определения величины $v(h, i)_\xi$ воспользуемся выражением $v(h, i)_\xi = [D_{\text{нec}} / \log_2(w(h)_i - 1)]$, где $(w(h)_i - 1)$ – основание элементов адаптивного позиционного числа в i -й строке массива $\Delta H_{m,n}^{(v)}$. Вычисление величины $v(h, i)_\xi$ организуется с учетом того, что основания элементов АПЧ в строках являются постоянными, т.е. $(w(h)_i - 1) = (w(h)_{i,1} - 1) = \dots = (w(h)_{i,n} - 1)$, а позиция начального элемента строки находится с учетом сдвига относительно позиции последнего элемента предыдущего ДК. В результате определяется количество элементов массива $\Delta H_{m,n}^{(v)}$, для которых формируется первая составляющая двухкомпонентного кода.

2.2. Количество $v(\ell)_\xi$ элементов массива $\Delta L_{m,n}^{(v)}$, для которых формируется вторая кодовая составляющая ДК, распределяется в общем случае по нескольким строкам. Поэтому необходимо определить количество добавляемых элементов в строках массива длин апертур. Для чего используется система (2), а именно: $[\log_2((w(h)_i - 1)^{v(h,i)_\xi} w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j})] + 1 \leq D_{\text{нec}}$. С учетом того, что:

а) количество свободных элементов $v(\ell)_\xi$ определяется в общем случае как $v(\ell)_\xi = (n - \gamma + 1) + \beta n + j$;

б) $(w(h)_i - 1)^{v(h,i)_\xi}$ – величина, полученная на предыдущем шаге.

Режим обработки, когда обеспечивается наибольшая степень сжатия в результате устранения избыточных разрядов, обусловленных не кратностью степени двойки весовых составляющих кодовых компонент ДК. Реализация обработки организуется на основе рекуррентной схемы.

Шаг 1. Проверяется условие $[\log_2((w(h)_i - 1)^{v(h,i)_\xi} w(\ell)_\alpha)] + 1 \leq D_{\text{нec}}$.

Если условие выполняется, то проверяется возможность относительно добавления очередного элемента массива $\Delta L_{m,n}^{(v)}$. Так для v -го шага обработки проверяется следующее условие $[\log_2((w(h)_i - 1)^{v(h,i)_\xi} w(\ell)_\phi^{(v)})] + 1 \leq D_{\text{нec}}$.

Здесь $V(h)_{i, v(h,i)_\xi - 1}^{(i, \gamma)} = (w(h)_i - 1)^{v(h,i)_\xi}$.

Отбор элементов массива длин апертур заканчивается тогда, когда в случае добавления очередного основания выполняется условие $[\log_2(V(h)_{i, v(h,i)_\xi - 1}^{(i, \gamma)} w(\ell)_\phi^{(v)})] + 1 > D_{\text{нec}}$. Откуда $v = v(\ell)_\xi$.

3. Получение кодовых значений первой $E(h)_{i,v(h,i)\xi}^{(i,\gamma)}$ и второй $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ составляющих ДК. Для получения данных величин предлагается воспользоваться тем, что обобщенный код строится как их взвешенное суммирование. В общем случае величины $E(h)_{i,v(h,i)\xi}^{(i,\gamma)}$ и $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ являются элементами позиционного числа с основаниями соответственно равными:

$$V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} = (w(h)_i - 1)^{v(h,i)\xi}; \quad V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} = w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j}.$$

Тогда для известного количества добавляемых элементов массива длин апертур значения кодовых составляющих находятся по формулам:

$$E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} = \left[\frac{E(h;\ell)_\xi}{V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] - \left[\frac{E(h;\ell)_\xi}{V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)}; \quad (3)$$

$$\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} = \left[\frac{E(h;\ell)_\xi}{1} \right] - \left[\frac{E(h;\ell)_\xi}{V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}. \quad (4)$$

Действительно, данные выражения позволяют изъять компоненты $E(h)_{i,v(h,i)\xi}^{(i,\gamma)}$ и $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ из общего кода $E(h;\ell)_\xi$ без ошибок. Покажем это, с учетом того, что $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} < V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ и $E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} < V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)}$:

$$\begin{aligned} E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} &= \left[\frac{E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} + \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}}{V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] - \\ &- \left[\frac{E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} + \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}}{V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] V(h)_{i,v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} = E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)}. \end{aligned}$$

Аналогично

$$\begin{aligned} \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} &= E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} + \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} - \\ &- \left[\frac{E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} + \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}}{V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}} \right] V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} = \\ &= E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} + \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} - E(h)_{i,\gamma+v(h,i)\xi-1}^{(i,\gamma)} V(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)} = \\ &= \Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что в случае известного количества $v(h,i)_\xi$ элементов массива аппроксимирующих величин и количества $v(\ell)_\xi$ элементов массива длин апертур процесс декомпозиции кодовых компонент $E(h)_{i,v(h,i)\xi}^{(i,\gamma)}$ и $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ осуществляется без ошибок, т.е. $\delta_{\text{дкр}} = 0$, а оператор $F_{\text{дкр}}\{D_{\text{нec}}; E(h;\ell)_\xi; v(h,i)_\xi; v(\ell)_\xi\}$ задается соотношениями (3) и (4), т.е.

$$F_{\text{dcp}} = \begin{cases} \left[\frac{E(h; \ell)_{\xi}}{w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j}} \right] - \left[\frac{E(h; \ell)_{\xi}}{(w(h)_i - 1)^{v(h,i)_{\xi}} w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j}} \right] (w(h)_i - 1)^{v(h,i)_{\xi}}; \\ \left[\frac{E(h; \ell)_{\xi}}{1} \right] - \left[\frac{E(h; \ell)_{\xi}}{w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j}} \right] w(\ell)^{(n-\gamma+1)+\beta n+j} \end{cases}$$

при условии

$$\begin{cases} v(h,i)_{\xi} = [D_{\text{нec}} / \log_2(w(h)_i - 1)]; \\ \left[\log_2(V(h)_{i,v(h,i)_{\xi}}^{(i,\gamma)} w(\ell)^{(v)} \right] + 1 \leq D_{\text{нec}}. \end{cases}$$

Условие $\delta_{\text{dcp}} = 0$ достигается за счет того, что:

- 1) процедура отбора элементов осуществляется аналогично с процедурой отбора элементов в процессе сжатия;
- 2) для декомпозиции используются известные данные о динамических диапазонах массивов аппроксимирующих величин и длин апертур;
- 3) схема отбора элементов теоретически обоснована относительно исключения случаев переполнения машинного слова.

После получения кодовых компонент $E(h)_{i,v(h,i)_{\xi}}^{(i,\gamma)}$ и $\Delta E(\ell)_{\alpha+\beta+1,\tau}^{(\alpha,\gamma)}$ существует возможность провести восстановление значений соответствующих элементов для массивов аппроксимирующих величин и длин апертур.

Выводы

Построен оператор декодирования двухэлементного позиционного числа, обеспечивающий получение двухкомпонентного вектора, состоящего из кодового значения элементов строки массива аппроксимирующих величин и кодового значения элементов массива длин апертур. При этом учитываются следующие ограничения: ограничение на длину кодового слова; ограничение количества свободных элементов в строках массива аппроксимирующих величин и длин апертур. На данном этапе процесса восстановления осуществляется следующая обработка:

1) определение начала и конца кодограммы, содержащей информацию об ДК, т.е. ее позиционирование в кодовой конструкции сжатого представления фрагмента изображения. Данный этап решается с учетом того, что длина кодограмм является равномерной. Поэтому не требует проведения анализа разделителей и префикса кодограмм.

2) позиционирование ДК относительно массива аппроксимирующих величин апертур и массива длин апертур. Требуется определить координаты начальных и конечных элементов соответственно для массивов аппроксимирующих величин и массива длин апертур, на базе которых формируется ДК. Предлагается по аналогии с процессом сжатия проводить последовательное нахождение количества элементов для массива аппроксимирующих величин апертур и массива длин апертур.

3) получение кодовых значений первой и второй составляющих ДК. Для получения данных величин предлагается воспользоваться тем, что код строится как их взвешенное суммирование.

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.* Методологический анализ системы аэрокосмического видеомониторинга чрезвычайных ситуаций / В.В. Баранник, А.В. Яковенко, А.Ю. Школьник // Сучасна спеціальна техніка. – 2011. – № 4 (27). – С 12–22.
3. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. – 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.* Технология сжатия цифровых изображений на основе двухкомпонентного кодирования / В.В. Баранник, А.Н. Додух // АСУ и приборы автоматики. – 2012. – Вип. 156. – С. 12–21.

Отримано 22.10.2012