

УДК 621.327:681.5

В.В. БАРАННИК¹, А.В. ЯКОВЕНКО²¹ *Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*² *Научно-исследовательский институт МВД Украины*

РЕКУРРЕНТНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ ПЛАВАЮЩИХ ПОЛИАДИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ

Излагаются основные этапы восстановления двумерных массивов данных на базе рекуррентного плавающего полиадического декодирования. Основные составляющие процесса восстановления заключаются в том, что: разметка трансформант дискретного преобразования Уолша проводится в соответствии с позиционированием двумерных плавающих полиадических чисел; осуществляется рекуррентное двумерное плавающее полиадическое декодирование; проводится пересчет координат элементов плавающего полиадического числа в координаты соответствующих компонент трансформант двумерного преобразования Уолша. Обосновывается выбор необходимой служебной информации для восстановления данных без внесения погрешности.

Ключевые слова: двумерное плавающее полиадическое число, видеоданные, трансформанты преобразования.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

Важным показателем качества функционирования информационно-телекоммуникационных систем, включающих в себя процессы компактного представления видеоданных, являются коэффициент сжатия и степень достоверности получаемой информации [1 – 3]. В зависимости от области приложения выдвигаются различные требования к степени достоверности восстановленных изображений: с потерей качества; с контролируемой погрешностью и без внесения погрешности. Наиболее сложная задача состоит в получении данных без внесения погрешности, что обуславливает **актуальность научно-прикладной тематики**. В работе [4] излагаются этапы процесса сжатия изображений на основе двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант преобразования Уолша (ДПУ). Данный метод позволяет повысить степень компрессии видеоданных. В то же время для его внедрения в процессах обработки изображений необходимо обеспечить заданный уровень достоверности. Наиболее важным этапом восстановления является получение трансформант ДПУ. Отсюда, **цель исследований** заключается в создании декодирования двумерных полиадических кодовых конструкций без внесения погрешности.

1. Разметка двумерных плавающих полиадических чисел

В соответствии с процессом кодирования для обеспечения взаимоднозначного восстановления

данных требуется проводить декодирование кодовых конструкций двумерных плавающих полиадических чисел (ДППЧ) на основе следующих технологических этапов.

Первый этап. Разметка трансформанты ДПУ на ДППЧ. На данном этапе требуется определить границы двумерных плавающих полиадических чисел, длину h двумерного плавающего ПЧ и их количество $v_{ч}$. В качестве служебных данных используются значения динамических диапазонов строк d_k и столбцов d_ℓ трансформанты. На базе значений d_k , $k = \overline{1, n}$ и d_ℓ , $\ell = \overline{1, n}$ вычисляются динамические диапазоны компонент ДПУ $d_{k\ell} = \min(d_k; d_\ell)$. Величины $d_{k\ell}$ используются в качестве оснований восстанавливаемых полиадических чисел.

Для определения принадлежности $(k; \ell)$ -го элемента текущему ДПП числу проверяется неравенство

$$d_{k\ell} V_{k\ell}^{(\gamma)} \leq 2^M - 1, \quad (1)$$

где $V_{k\ell}^{(\gamma)}$ – весовой коэффициент компоненты $u_{k\ell}$ для γ -го полиадического числа.

Если неравенство (1) выполняется, то $(k; \ell)$ -й элемент принадлежит текущему γ -му ДППЧ, $u_{k\ell} \in Y^{(\gamma)}$. В противном случае $(k; \ell)$ -я компонента является первым элементом очередного $(\gamma + 1)$ -го ДПП числа, $u_{k\ell} \in Y^{(\gamma+1)}$.

Длина h ДППЧ определяется по формуле $h = m' + mn' + m''$, где m' , m'' – количество компонент соответственно в η -м и $(n'+1)$ -м столбцах трансформанты; n' – целое количество столбцов, входящих в состав ДППЧ. Для определения величин m' , m'' и n' используются координаты компонент $(\xi; \eta)$ и $(k; \ell)$ соответственно первого и последнего элементов ДППЧ. Такие компоненты определяются на этапе, заданном неравенством (1). Возможны следующие варианты взаимного расположения компонент $y_{\xi\eta}$ и $y_{k\ell}$ ($y_{\xi\eta} = y_1^{(\gamma)}$ и $y_{k\ell} = y_h^{(\gamma)}$, где $y_1^{(\gamma)}$ и $y_h^{(\gamma)}$ – соответственно начальный и последний элементы γ -го ДППЧ):

– если $\eta = \ell$, то величина h равна

$$h = k - \xi + 1 \leq n; \quad (2)$$

– если $\eta < \ell$, то $m' = n - \xi + 1$; $n' = \ell - \eta - 1$;

$m'' = k$, а длина ДППЧ находится по формуле

$$h = n - \xi + 1 + n(\ell - \eta - 1) + k \leq n^2. \quad (3)$$

Соотношения (2) и (3) позволяют вычислить длину двумерного плавающего ПЧ на основе начальной и последней координат компонент ДПУ.

После формирования всех v_c двумерных плавающих чисел проводится восстановление компонент трансформант Уолша.

2. Построение рекуррентного декодирования кодограмм

Второй этап. Проводится декодирование кодов-номеров $N_h^{(\gamma)}$ ДППЧ. Для этого используется информация о динамических диапазонах $d_{k\ell}$, о длине h и о позиционировании двумерного плавающего полиадического числа.

Для уменьшения количества операций на обработку и снижения затрат памяти на хранение промежуточного результата предлагается проводить восстановление компонент трансформант ДПУ по рекуррентной схеме.

Для обеспечения взаимнооднозначности восстановления компонент ДПУ требуется организовать двумерное плавающее декодирование в направлении соответствующем направлению процесса кодирования. Поэтому восстановление компонент трансформант ДПУ осуществляется в направлении по столбцам сверху – вниз и по строкам слева – направо. Восстанавливаются в начале низкочастотные компоненты трансформанты преобразования Уолша. Данная схема представляет особый интерес в тех случаях, когда в начале требуется получить оценку восстанавливаемого изображения. Для орга-

низации быстрого просмотра оценки изображения необходимо восстановить только несколько низкочастотных компонент трансформанты ДПУ.

Восстановления компонент трансформант ДПУ начинается с низкочастотной компоненты, имеющей координату (1;1). Формула для восстановления первой компоненты y_{11} имеет вид ($\gamma = 1$):

$$y_{11} = [N_h^{(1)} / V_{11}^{(1)}] - [N_h^{(1)} / (V_{11}^{(1)} d_{11})] d_{11}, \quad (4)$$

где d_{11} , $V_{11}^{(1)}$ – соответственно величины динамического диапазона и весового коэффициента компоненты с координатами (1;1); $N_h^{(1)}$ – значение кода-номера первого полиадического числа восстанавливаемой трансформанты ДПУ.

В то же время согласно свойству двумерных полиадических чисел для величины кода-номера $N_h^{(1)}$ выполняется неравенство

$$N_h^{(1)} < d_{11} V_{11}^{(1)}, \quad (5)$$

то $[\frac{N_h^{(1)}}{d_{11} V_{11}^{(1)}}] = 0$. Отсюда выражение (5) с учетом

равенства $V_{11}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=2}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=2}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1}$ примет вид

$$y_{11} = [N_h^{(1)} / (\prod_{\phi=2}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=2}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1})]. \quad (6)$$

Если количество h компонент в ДППЧ равно количеству компонент в трансформанте $h = mn$, то

$V_{11}^{(1)} = \prod_{\phi=2}^n d_{\phi 1} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=2}^n d_{\phi\ell}$, а формула (6) примет вид

$$y_{11} = [N_h^{(1)} / (\prod_{\phi=2}^n d_{\phi 1} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=2}^n d_{\phi\ell})].$$

Величина кода-номера $N_h^{(1)}$ несет информацию о всех h элементах ДППЧ. Отсюда после восстановления первого элемента нет потребности в дальнейшей обработке исходного значения $N_h^{(1)}$ первого кода-номера. Для уменьшения количества операций предлагается осуществлять пересчет значения кода-номера после восстановления очередного элемента ДППЧ.

Такая обработка задается соотношением $N_{h-1}^{(1)} = N_h^{(1)} - y_{11} V_{11}^{(1)}$, где $N_{h-1}^{(1)}$ – значение кода-номера первого полиадического числа, содержащего $(h-1)$ элементов. После чего очередным восстанавливаемым элементом ДППЧ будет компонента с координатами (1;2).

Согласно условию разметки ДППЧ в трансформанте неравенство (5) выполняется для произвольного k -го элемента j -го столбца, т.е.

$$N_{h-k+1}^{(1)} < d_{1k} V_{1k}^{(1)}, \quad (7)$$

где d_{1k} , $V_{1k}^{(1)}$ – соответственно величины динамического диапазона и весового коэффициент компоненты с координатами $(1; k)$;

$N_{h-k+1}^{(1)}$ – текущее значение кода-номера первого полиадического числа на k -м шаге декодирования.

На основе неравенства (7) восстановление компоненты y_{1k} проводится по формулам:

$$y_{1k} = [N_{h-k+1}^{(1)} / V_{1k}^{(1)}]; \quad V_{1k}^{(1)} = V_{1,k+1}^{(1)} / d_{1k}. \quad (8)$$

Соответственно значение кода-номера $N_{h-k}^{(1)}$ для получения очередного элемента ДППЧ рассчитывается по формуле $N_{h-k}^{(1)} = N_{h-k+1}^{(1)} - y_{1k} V_{1k}^{(1)}$.

Процесс декодирования γ -го полиадического кода-номера сводится к выполнению следующих действий:

– если $(k; \eta)$ -го элемента выполняется неравенство $d_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma)} \leq 2^M - 1$, где

$$V_{k\eta}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=\eta+1}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1}, \quad (9)$$

то $y_{k\eta} \in Y^{(\gamma)}$, а его значение находится по формуле

$$y_{k\eta} = [N_h^{(\gamma)} / V_{k\eta}^{(\gamma)}] - [N_h^{(\gamma)} / (V_{k\eta}^{(\gamma)} d_{k\eta})] d_{k\eta}; \quad (10)$$

где $N_h^{(\gamma)}$ – значение кода-номера γ -го полиадического числа, содержащего h компонент трансформанты Y ;

– в обратном случае, когда $y_{k\eta} = y_{1, \gamma+1} \in Y^{(\gamma+1)}$, то его значение находится по формуле

$$y_{k\eta} = [N_h^{(\gamma+1)} / V_{k\eta}^{(\gamma+1)}] - [N_h^{(\gamma+1)} / (V_{k\eta}^{(\gamma+1)} d_{k\eta})] d_{k\eta}, \quad (11)$$

где $N_h^{(\gamma+1)}$ – значение кода-номера $(\gamma+1)$ -го ДППЧ, содержащего h компонент трансформанты;

$V_{k\eta}^{(\gamma+1)}$ – весовой коэффициент компоненты $y_{k\eta}$, являющейся первым элементом $(\gamma+1)$ -го ДППЧ:

$$V_{k\eta}^{(\gamma+1)} = \prod_{\phi=k+1}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=\eta+1}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1}. \quad (12)$$

Запишем неравенство (7) для случая восстановления элемента с координатами $(k; \eta)$, учитывая результат сравнения величин $d_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma)}$ и $(2^M - 1)$:

$$\begin{cases} N_h^{(\gamma)} < d_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma)}, & \rightarrow y_{k\eta} \in Y^{(\gamma)}; \\ N_h^{(\gamma+1)} < d_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma+1)}, & \rightarrow y_{k\eta} \in Y^{(\gamma+1)}. \end{cases} \quad (13)$$

Тогда на основе соотношений (10) и (11) восстановление компоненты $y_{k\eta}$ задается системой:

$$y_{k\eta} = \begin{cases} [N_h^{(\gamma)} / V_{k\eta}^{(\gamma)}], & \rightarrow y_{k\eta} \in Y^{(\gamma)}; \\ [N_h^{(\gamma+1)} / V_{k\eta}^{(\gamma+1)}], & \rightarrow y_{k\eta} \in Y^{(\gamma+1)}; \end{cases} \quad (14)$$

$$V_{k\eta}^{(\gamma)} = V_{k, \eta+1}^{(\gamma)} / d_{k, \eta+1}. \quad (15)$$

Значение кода-номера для получения очередного элемента ДППЧ рассчитывается по формулам:

– если $y_{k\eta} \in Y^{(\gamma)}$, то

$$N_{h-1}^{(\gamma)} = N_h^{(\gamma)} - y_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma)}, \quad (16)$$

– если $y_{k\eta} \in Y^{(\gamma+1)}$, то

$$N_{h+1}^{(\gamma)} = 0 \text{ и } N_{h-1}^{(\gamma+1)} = N_h^{(\gamma+1)} - y_{k\eta} V_{k\eta}^{(\gamma+1)}. \quad (17)$$

Восстановление компонент трансформанты проводится до тех пор, пока не будет полностью декодирован код-номер $N_h^{(Y_{\eta})}$.

Система выражений (13) – (17) позволяет провести восстановление компоненты трансформанты ДПУ, принадлежащей двумерному плавающему полиадическому числу в условиях: произвольного расположения восстанавливаемого элемента относительно позиций в ДППЧ и в трансформанте; независимости процесса декодирования текущего ДППЧ от декодирования других кодовых структур; произвольного количества элементов двумерного плавающего ПЧ.

Декодирование двумерных плавающих кодовых конструкций организуется по рекуррентной схеме, обеспечивающей восстановление одного элемента затрачивая только одну операцию деления.

Заключение

Разработано восстановление трансформант ДПУ на основе двумерного плавающего полиадического декодирования. Предложенное восстановление отличается от существующих тем, что:

– разметка трансформант ДПУ проводится в соответствии с позиционированием двумерных плавающих полиадических чисел;

– осуществляется рекуррентное двумерное плавающее полиадическое декодирование;

– проводится пересчет координат элементов плавающего полиадического числа в координаты соответствующих компонент трансформант ДПУ.

Это позволяет восстановить компоненты трансформант ДПУ без внесения погрешности и без использования дополнительной служебной информации.

Литература

1. Ватолин В.И. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и

видео / В.И. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.

2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Том 1, 2 / У. Прэтт. – М.: Мир, 1985. – 736 с.

3. Королев А.В. Метод восстановления изображений / А.В. Королев, В.В. Баранник // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вып. 2 (12). – С. 21-25.

4. Баранник В.В. Методологический подход для формирования полиадических чисел на основе аппроксимации видеоданных дискретными базисами Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Системы управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний НДІ навігації і управління, 2008. – Вып. 2 (6). – С. 145-148.

Поступила в редакцію 2.09.2008

Рецензент: д-р тех. наук, проф., декан факультета В.И. Хаханов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

РЕКУРЕНТНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ДВОВИМІРНИХ ПЛАВАЮЧИХ ПОЛІАДИЧНИХ ЧИСЕЛ

В.В. Баранник, О.В. Яковенко

Висловлюються основні етапи відновлення двовимірних масивів даних на базі рекуррентного плаваючого поліадичного декодування. Основні складові процесу відновлення полягають в тому, що: розмітка трансформант дискретного перетворення Уолша (ДПУ) проводиться відповідно до позиціонування двовимірних плаваючих поліадичних чисел; здійснюється рекуррентне двовимірне плаваюче поліадичне декодування; проводиться перерахунок координат елементів плаваючого поліадичного числа в координати відповідних компонент трансформант ДПУ. Обґрунтовується необхідний вибір потрібної службової інформації для відновлення даних без внесення погрешності.

Ключові слова: двовимірне плаваюче поліадичне число, відеодані, трансформанти перетворення.

RECURRENT RENEWAL OF 2-D FLOATING POLIADICAL NUMBERS

V.V. Barannik, A.V. Yakovenko

The basic stages of renewal of 2-D arrays of data are expounded on the base of the recurrent floating poliadical decoding. The basic constituents of process of renewal consist in that: ramekin of transforms of discrete transformation of Walsh (DPU) is conducted in accordance with keeping of 2-D floating poliadical numbers; the recurrent 2-D floating poliadical decoding is carried out; the count of co-ordinates of elements of floating poliadical number is conducted in the co-ordinates of proper component of transforms of DPU. A necessity is grounded choice of necessary service information for renewal of information without bringing of error.

Key words: 2-D floating poliadical number, videoinformation, transforms of transformation.

Баранник Владимир Викторович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Харьковского университета Воздушных Сил.

Яковенко Александр Васильевич – начальник центра спецтехники НИИ МВД Украины, Киев.