

УДК 629.391

В.В. БАРАННИК¹, А.В. ЯКОВЕНКО²¹ Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба² Научно-дослідницький інститут МВД України

ПОЛИАДИЧЕСКОЕ КОДИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАНТ ДВУМЕРНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УОЛША

На основе проведенного анализа различных подходов относительно сжатия изображений выбрано направление для дальнейшего развития систем компактного представления. Показано, что одним из перспективных направлений дополнительного повышения степени сжатия реалистических изображений является построение методов, сокращающих комбинаторную избыточность в трансформантах двумерного преобразования Уолша. Обосновывается интерпретация трансформанты двумерного преобразования Уолша в виде двумерного полиадического числа. Излагаются основные этапы двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант преобразования Уолша. Формируется система правил, обеспечивающих сжатие трансформант без внесения погрешности.

Ключевые слова: трансформанта преобразования Уолша, двумерное плавающее полиадическое число.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Возросшие потребности относительно повышения степени сжатия обусловлены особенностями развития современного общества [1, 2]. Это объясняет **актуальность научно-прикладных задач** в сфере компактного представления данных. Анализ систем сжатия изображений показывает, что наибольшая эффективность достигается в случае трансформации видеоданных [1 – 4]. В то же время сокращение избыточности в трансформантах проводится за счет учета статистических и психовизуальных закономерностей. Это является причиной низкой степени сжатия и достоверности восстановленных изображений. Следовательно, **цель исследований** связана с разработкой метода кодирования трансформант преобразований, обеспечивающих увеличение степени сжатия при заданном уровне достоверности.

1. Представление трансформант ДПУ полиадическими числами

Анализ структурных свойств трансформант двумерного преобразования Уолша позволяет сформулировать следующую интерпретацию [1, 2]:

Определение. 1. Трансформанта $Y = \{y_{k,\ell}\}$ двумерного преобразования Уолша (ДПУ) представляет собой полиадическое число, элементами которого являются коэффициенты преобразования.

В случае одномерной выборки компонент

трансформанты (например, столбца или строки трансформанты) образуется одномерное полиадическое число $Y^{(1)} = \{y_1, \dots, y_k, \dots, y_n\}$. Для этого необходимо задать систему оснований $\Lambda_y^{(1)} = \{\lambda_k\}$, где $y_k \leq \lambda_k - 1$, $k = \overline{1, n}$. Величины оснований λ_k одномерного полиадического числа равны $\lambda_k = d_k$ для $k = \overline{1, n}$. Одномерное полиадическое кодирование компонент ДПУ задается выражением

$$N_\ell^{(1)} = \sum_{k=1}^n y_{k\ell} V_k, \quad (1)$$

где $y_{k,\ell}$ – (k, ℓ) -я компонента ДПУ; $N_\ell^{(1)}$ – полиадический код ℓ -го столбца трансформанты ДПУ; n – размерность трансформанты; V_k – весовой параметр k -й строки трансформанты

$$h_k = \prod_{\eta=k+1}^n d_\eta; \quad k = \overline{1, n}, \quad \eta = \overline{2, n}. \quad (2)$$

Если задана смешанная система оснований $W_y^{(2)}$ размерностью $n \times n$, $W_y^{(2)} = w_{k,\ell}$, так, что выполняется условие $y_{k\ell} \leq w_{k\ell} - 1$, $k = \overline{1, n}$ и $\ell = \overline{1, n}$, то трансформанта представляет собой двумерное полиадическое число. Основание $w_{k\ell}$ двумерного полиадического числа для предложенной интерпретации равно величине $d_{k\ell}$: $w_{k\ell} = d_{k\ell}$. Формирование кода-номера $N^{(2)}$ для двумерного

полиадического числа Y с учетом заданной системы оснований $W_y^{(2)}$, определяется соотношением [3; 4]:

$$N^{(2)} = \sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n y_{k\ell} V_{k\ell}^{(2)}, \quad (3)$$

где $V_{k\ell}^{(2)}$ – весовой коэффициент компоненты $y_{k\ell}$.

Для двумерного кодирования значения весовых коэффициентов $V_{k\ell}^{(2)}$ зависят от направления обхода элементов полиадического числа. В случае обхода в направлении столбцов сверху вниз, а затем по строкам слева – направо между порядковыми номерами $N_j^{(2)}$ и $N_u^{(2)}$ двумерных полиадических чисел Y_j и Y_u выполняется неравенство $N_j^{(2)} < N_u^{(2)}$, если для старших элементов $y_{\eta\xi}$ трансформант с координатами: для $\xi = \overline{1, j-1}$, $\eta = \overline{1, n}$ и для $\xi = j$, $\eta = \overline{1, i-1}$ выполняется равенство $y_{\eta\xi}^{(j)} = y_{\eta\xi}^{(u)}$, а для элементов с координатой $(i; j)$ выполняется неравенство $y_{ij}^{(j)} < y_{ij}^{(u)}$. Значения весовых коэффициентов $V_{k\ell}^{(2)}$ элементов массивов для такого направления его обхода будут равны [3; 4]:

$$V_{k\ell}^{(2)} = \prod_{\xi=\ell+1}^n w_{k\xi} \prod_{\eta=k+1}^n \prod_{\xi=1}^n w_{\eta\xi}. \quad (4)$$

Для формирования компактного представления трансформант требуется разработать процесс кодирования.

2. Двумерное плавающее полиадическое кодирование трансформант

С учетом сформулированной интерпретации предлагается организовывать компактное представление изображений на основе полиадического кодирования трансформант дискретного двумерного преобразования Уолша. Данное направление представляет особый интерес для сжатия изображений с большим числом деталей.

Физический смысл кодов-номеров полиадических чисел на базе трансформант дискретного двумерного преобразования Уолша определяется структурными особенностями фрагмента изображения. Для реалистических изображений значение кода-номера зависит от степени насыщенности фрагмента мелкими деталями различного цвета. Чем больше степень насыщенности, тем меньше концентрация энергии в низкочастотных компонентах ДПУ, а, следовательно, меньше количество комбинаторной

избыточности в трансформантах. Это приводит к увеличению значения кода-номера.

При обработке областей реалистических изображений заранее неизвестно их структурное содержание. Значит, для разных фрагментов будут различные значения кодов-номеров. Поэтому трансформантам ДПУ в зависимости от их содержания соответствуют различные значения кодов-номеров.

Для фиксированной длины машинного слова могут возникнуть несоответствия между длиной и структурными особенностями блока изображения. Такое несоответствие может привести к: уменьшению коэффициента сжатия в случае формирования кодов для отдельных столбцов трансформанты; потере информации из-за нехватки длины машинного слова для кодового представления значения кода-номера, полученного сразу для всей трансформанты. В результате такой обработки снижается значение степени сжатия или теряется часть информации.

Для выхода из такой ситуации предлагается организовывать рекуррентное двумерное плавающее полиадическое кодирование. Код-номер может формироваться для части столбца, нескольких столбцов или всей трансформанты (рис. 1). Сформулируем определение двумерного плавающего полиадического числа (ДППЧ).

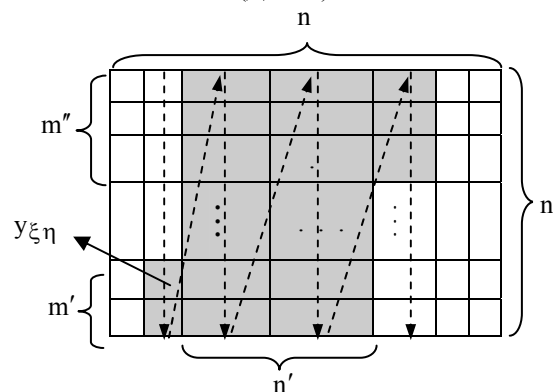


Рис. 1. Вариант двумерного плавающего полиадического числа на основе трансформанты ДПУ

Определение 2. Двумерным плавающим полиадическим числом (ДППЧ) $Y^{(k)}$ называется совокупность компонент $Y^{(k)} = \{y_{k\ell}\}$:

$$Y^{(k)} = \left\langle \{y_{\xi\eta}\}_{\xi=\overline{1, m'}}; \{y_{k\ell}\}_{k=\overline{1, n}, \ell=\overline{\eta+1, n'}}; \{y_{k, n'+1}\}_{k=\overline{1, m''}} \right\rangle; \quad y_{k\ell} \leq d_{k\ell} - 1, \quad (5)$$

для которой: компоненты ДППЧ удовлетворяют двумерной системе счисления $W^{(2)}$; количество h компонент в совокупности является переменным и равным в общем случае

$$h = m' + mn' + m'', \quad (6)$$

где m' , m'' – количество компонент соответственно в η -м (первом дробном столбце) и $(n'+1)$ -м (втором дробном столбце) столбцах трансформанты; n' – целое количество столбцов, входящих в состав ДППЧ.

В соответствии с определением 2 код-номер ДППЧ для начальной компоненты с координатами $(\xi; \eta)$ будет равен

$$N_h^{(\gamma)} = \sum_{k=\xi}^n y_{k\eta}^{(\gamma)} V_{k\eta}^{(\gamma)} + \sum_{k=1}^n \sum_{\ell=\eta+1}^{n'} y_{k\ell}^{(\gamma)} V_{k\ell}^{(\gamma)} + \sum_{k=1}^{m''} y_{k,n'+1}^{(\gamma)} V_{k,n'+1}^{(\gamma)}, \quad (7)$$

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

Величины весовых коэффициентов $V_{k\eta}^{(\gamma)}$, $V_{k\ell}^{(\gamma)}$ и $V_{k,n'+1}^{(\gamma)}$ для трех частей ДППЧ будут вычисляться по формулам:

– для компонент трансформанты соответствующих η -му столбцу трансформанты Y :

$$V_{k\eta}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=\eta+1}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi,n'+1}; \quad (8)$$

– для компонент трансформант, соответствующих $(n'+1)$ -му столбцу массива Y :

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

– для компонент трансформант соответствующих n' столбцам массива Y :

$$V_{k,n'+1}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^{m''} d_{\phi,n'+1}. \quad (10)$$

Обработка трансформанты проводится до тех пор, пока не будет проанализирована компонента с координатами $(n; n)$. На выходе данного этапа образуются последовательность кодограмм, содержащих значения кодов-номеров $N_h^{(\gamma)}$, $\gamma = \overline{1, v_q}$ (v_q – количество ДППЧ для трансформанты ДПУ).

Плавающая схема построения полиадических чисел позволяет адаптироваться процессу кодирования к структурным особенностям трансформанты. Если фрагмент изображения сильно насыщен мелкими деталями, то увеличивается количество кодов-номеров, формируемых для трансформант ДПУ. Тем самым исключаются потери информации из-за недостаточной длины машинного слова. Для блоков с низкой насыщенностью деталями увеличивается

количество компонент, которым присваивается общий код. За счет этого увеличивается степень сжатия.

Отбор компонент трансформанты, для которых формируется общий код-номер, осуществляется на основе неравенства:

$$d_{k\ell} V_{k\ell}^{(\gamma)} \leq 2^M - 1, \quad (11)$$

где $V_{k\ell}^{(\gamma)}$ – весовой коэффициент компоненты $Y_{k\ell}$ для γ -го полиадического числа; $d_{k\ell}$ – динамический диапазон компоненты $Y_{k\ell}$.

Если неравенство (11) выполняется, то компонента $Y_{k\ell}$ принадлежит γ -му двумерному плавающему полиадическому числу. В противном случае компонента $Y_{k\ell}$ будет первым элементом $(\gamma+1)$ -го плавающего полиадического числа.

Решающее правило, заданное неравенством (11), позволяет построить двумерные плавающие полиадические числа, для которых формируются коды-номера без переполнения машинного слова. Длина кодограммы под код-номер $N_h^{(\gamma)}$ не будет превышать длину машинного слова M . Причем значение $N_h^{(\gamma)}$ будет не больше, чем накопленное произведение $d_{k\ell} V_{k\ell}^{(\gamma)}$:

$$N_h^{(\gamma)} \leq d_{k\ell} V_{k\ell}^{(\gamma)}. \quad (12)$$

Но поскольку значение в правой части неравенства (12) можно представить машинным словом длины M (согласно (11)), то под значение величины $N_h^{(\gamma)}$ также будет отведено M разрядов.

Таким образом:

1) разработано полиадическое кодирование трансформант двумерного преобразования Уолша. В результате такого кодирования сокращается комбинаторная избыточность в трансформантах ДПУ;

2) создается двумерное плавающее полиадическое кодирование трансформант. Это позволяет увеличить коэффициент сжатия и избежать потерь информации из-за нехватки разрядов в машинном слове.

Заключение

Разработано двумерное плавающее полиадическое кодирование трансформант двумерного преобразования Уолша. Построенное представление отличается от известных тем, что двумерное полиадическое кодирование проводится для плавающего количества компонент трансформант ДПУ для кодограмм равномерной длины. Это обеспечивает дополнительное увеличение степени сжатия трансформант ДПУ в результате снижения избыточного

количества незначимых разрядов в кодовых конструкциях сжатого представления изображений; избежание потерь информации из-за нехватки разрядов в машинном слове.

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 сокращения избыточности изображений / А.В. Королев, В.В. Баранник // Информційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №2. – С. 85-88.

4. Баранник В.В. Метод сжатия изображений комбинированным полиадическим кодированием / В.В. Баранник // Информційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – № 2. – С. 66-69.

Поступила в редакцію 16.04.2008

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

ПОЛІАДИЧНЕ КОДУВАННЯ ТРАНСФОРМАНТ ДВОВИМІРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ УОЛША

В.В. Баранник, О.В. Яковенко

На основі проведеного аналізу різних підходів щодо стиснення зображень вибрано напрямок для подальшого розвитку систем компактного представлення. Показано, що одним з перспективним напрямків додаткового підвищення ступеню стиснення реалістичних зображень є побудова методів, що скорочують комбінаторну надмірність в трансформантах двовимірного перетворення Уолша. Обґрунтовується інтерпретація трансформанти двовимірного перетворення Уолша у вигляді двовимірного поліадичного числа. Висловлюються основні етапи двовимірного плаваючого поліадичного кодування трансформант перетворення Уолша. Формується система правил, що забезпечують стиснення трансформант без внесення погрешності.

Ключові слова: трансформанта перетворення Уолша, двовимірне плаваюче поліадичне число.

POLYADICAL ENCODING OF TRANSFORMS OF 2-D TRANSFORMATION OF WALSH

V.V. Barannik, A.V. Yakovenko

On the basis of the conducted analysis of different approaches in relation to the compression of images direction for further development of the systems of compact presentation is chosen. It is rotined that one of perspective directions of additional increase the degree of compression of realistic images there is a construction of methods, abbreviating combinatory surplus in the transforms of two measuring transformation of Walsh. Interpretation of transform of two measuring transformation of Walsh is grounded as a two measuring polyadical number. The basic stages of the two measuring floating polyadical encoding of transforms of transformation of Walsh are expounded. The system is formed governed, providing the compression of transforms without bringing of error.

Key words: transform of transformation of Walsh, 2-D floating polyadical number.

Баранник Владимир Викторович – д-р техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник научного центра Воздушных сил Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

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