УДК 629.391

Ю.Н. РЯБУХА

ТРЕХМЕРНОЕ РАВНОМЕРНОЕ КОДИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНОЙ КОДА

Обосновывается необходимость совершенствования теоретической базы и технологий обработки видеоданных (кадров, видеопотока) в направлении формирования кодов для трехмерных структур данных. Разрабатывается трехмерное кодирование данных в режиме равномерных трехмерных полиадических чисел и переменной длины кодового слова на представление их кодового значения. Созданное кодирование обеспечивает построение компактного представления видеоданных в трехмерном пространстве для случаев, когда нет жестких ограничений на длину кодограммы, а код должен строиться для установленного количества элементов в кадре или в потоке. Ключевые слова: трехмерные структуры видеоданных, полиадическое число.

Введение

На данный момент развития общества как информационного пространства становится актуальным предоставление возможности доступа к видеоинформационным ресурсам, распределенным в трехмерном пространстве. Здесь необходимо считаться со значительными нагрузками на инфокоммуникационные системы [1; 2]. Причиной является резкий рост объемов видеоданных. В свою очередь это требует коренной модернизации существующих технологий кодирования и обработки видеопотоков и кадров. Становится очевидным наличие проблемного аспекта относительно дальнейшего развития теоретической базы и технологий обработки и кодирования видеоданных [1 – 3].

Как показывает анализ работ [4 – 8], ключевым звеном в создании новых технологий обработки видеокадров является подход, базирующийся на разработке технологий трехмерного кодирования данных. Такое направление излагается в работах [9; 10]. Здесь нерешенными остаются вопросы, связанные с порядком обработки трехмерных структур данных, выбором режима обработки, формируемых трехмерных полиадических чисел (ТПЧ).

1. Анализ режимов обработки трехмерных структур данных

Весовой коэффициент элемента полиадического числа (ПЧ) равен количеству перестановок с повторениями, составленных из младших элементов [9]. Значение весового коэффициента зависит от направления обхода элементов полиадического числа и от их количества. Поскольку величина произведения имеет положительное значение $a_{jiz}\,\omega_{jiz} \geq 0$, то с увеличением количества элементов значение кода-номера $N^{(3)}$ также будет повышаться $N^{(3)} \sim m$. Значит, исключить потери информации из-за переполнения разрядной сетки, отводимой на представление величины $N^{(3)}$, можно, если [9]:

1) для фиксированного количества элементов ПЧ (равномерная длина полиадического числа) использовать переменную длину разрядной сетки на представление кода-номера, т.е.

$$m = \text{const}\,;\; S(N^{(3)}) = \text{var}\,, \qquad (1)$$

где $S(N^{(3)})$ – количество разрядов, затрачиваемое на представление кода-номера $N^{(3)}$;

2) в случае равномерной (постоянной) длины разрядной сетки формировать код-номер для переменного количества элементов ПЧ (переменная длина полиадического числа):

$$m = \text{var}\,;\; S(N^{(3)}) = \text{const}\,. \qquad (2)$$

В случае вычисления кода-номера в условиях (1) количество элементов полиадического числа известно заранее. Поэтому в качестве направления обхода элементов ПЧ предлагается выбирать направление «от старших к младшим» разрядам. Данное направление обхода реализуется также в условиях (2). Понятно, что общими условиями полиадического кодирования являются условия (2). Условия (1) получаются из условий (2) путем наложения ограничений на длину m ПЧ. Вывод выражения для определения весового коэффициента будем проводить с учетом выполнения условий, заданных соотношением (2). Это обеспечит сокращение комбинаторной избыточности и исключение потери информации. В связи с этим *цель исследований* состоит в разработке кодирования равномерных составляющих трехмерных структур данных переменной длиной кода.

2. Разработка трехмерного равномерного кодирования переменной длиной кода

Допустим, что количество элементов ТПЧ равно $m = n_{стб} \times n_{стр} \times n_c$ и известно заранее. Рассмотрим построение полиадического нумератора в случае, когда количество элементов ТПЧ фиксировано, а длина разрядной сетки на представление кода-номера является переменной, т.е. $m = \text{const}$; $S(N^{(3)}) = \text{var}$.

Условие $S(N^{(3)}) = \text{var}$ позволяет выбирать необходимое количество разрядов на представление кода-номера $N^{(3)}$. Тогда создание нумератора трехмерных полиадических чисел сводится к выводу соотношения для определения величины весового коэффициента ω_{jiz}. Для этого сформулируем и докажем следующую теорему.

Теорема о весовом коэффициенте ТПЧ. *Для известной длины трехмерного полиадического числа и переменной длины кодограммы значение весового коэффициента* ω_{jiz} *для* $(j;i;z)$*-го элемента находится по формуле*

$$\omega_{j;i;z} = \prod_{\gamma=z+1}^{n_c} \psi_{j;i;\gamma} \prod_{k=i+1}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{j;k;\gamma} \prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}} \prod_{k=1}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{\eta;k;\gamma} . \quad (3)$$

Доказательство. Вывод выражения (3) будем проводить на основе рекуррентного соотношения

$$N^{(3)} = N^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)} = N^{(n_{стб}-1, n_{стр}, n_c)} V_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} + N_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)},$$

где $N^{(n_{стб}-1, n_{стр}, n_c)}$ – значение кода-номера для $((n_{стб}-1) \times n_{стр} \times n_c)$ элементов ТПЧ.

Для этого последовательно распишем значения предыдущих кодов-номеров предыдущих шагов обработки:

$$\begin{aligned} N^{(3)} &= N^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)} = N^{(n_{стб}-1, n_{стр}, n_c)} V_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} + N_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} = \\ &= N_1^{(n_{стр}, n_c)} \prod_{\eta=2}^{n_{стб}} V_\eta^{(n_{стр}, n_c)} + \ldots + N_{\xi-1}^{(n_{стр}, n_c)} \prod_{\eta=\xi}^{n_{стб}} V_\eta^{(n_{стр}, n_c)} + \ldots + \\ &+ N_{n_{стб}-1}^{(n_{стр}, n_c)} V_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} + N_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} . \end{aligned} \quad (4)$$

Преобразуем формулу (4) с учетом соотношений для величин $N_\xi^{(n_{стр}, n_c)}$, $\xi = \overline{1, n_{стб}}$:

$$\begin{aligned} N^{(3)} = &\Big(N_{11}^{(n_c)} \prod_{i=2}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{1i\gamma} + \ldots + N_{1k}^{(n_c)} \prod_{i=k+1}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{1i\gamma} + \ldots + \\ &+ N_{1,n_{стр}-1}^{(n_c)} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{1,n_{стр},\gamma} + N_{1,n_{стр}}^{(n_c)}\Big) \prod_{\eta=2}^{n_{стб}} V_\eta^{(n_{стр}, n_c)} + \ldots + \\ &+ \Big(N_{j1}^{(n_c)} \prod_{i=2}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{ji\gamma} + \ldots + N_{jk}^{(n_c)} \prod_{i=k+1}^{n_{стр}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{ji\gamma} + \ldots + \\ &+ N_{j,n_{стр}-1}^{(n_c)} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{j,n_{стр},\gamma} + N_{j,n_{стр}}^{(n_c)}\Big) \prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}} V_\eta^{(n_{стр}, n_c)} + \ldots + \end{aligned}$$

$$+\ (N^{(n_c)}_{n_{стб}-1,1}\prod_{i=2}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб}-1,i\gamma}+\ldots+N^{(n_c)}_{n_{стб}-1,k}\prod_{i=k+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб}-1,i\gamma}+\ldots+$$

$$+N^{(n_c)}_{n_{стб}-1,n_{стр}-1}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб}-1,n_{стр},\gamma}+N^{(n_c)}_{n_{стб}-1,n_{стр}})\ V^{(n_{стр},n_c)}_{n_{стб}}\ +$$

$$+\ (N^{(n_c)}_{n_{стб},1}\prod_{i=2}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб},i\gamma}+\ldots+N^{(n_c)}_{n_{стб},k}\prod_{i=k+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб},i\gamma}+\ldots+$$

$$+N^{(n_c)}_{n_{стб},n_{стр}-1}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{n_{стб},n_{стр},\gamma}+N^{(n_c)}_{n_{стб},n_{стр}}).$$

Свернув слагаемые в последнем выражении под знак суммы, получим

$$N^{(3)}=(\sum_{j=1}^{n_{стб}}\sum_{i=1}^{n_{стр}}N^{(n_c)}_{ji}\prod_{k=i+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{jk\gamma})\prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}}V^{(n_{стр},n_c)}_{\eta}. \qquad (5)$$

Заменим в формуле (5) величины $N^{(n_c)}_{ji}$ для $1\le j\le n_{стб}$, $1\le i\le n_{стр}$ на соотношение

$$N^{(n_c)}_{ji}=N^{(n_c-1)}_{ji}\psi_{jin_c}+a_{jin_c}=a_{ji1}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{ji\gamma}+\ldots+a_{ji,z-1}\prod_{\gamma=z}^{n_c}\psi_{ji\gamma}+\ldots+$$

$$+a_{ji,n_c-1}\psi_{jin_c}+a_{jin_c}=\sum_{z=1}^{n_c}a_{jiz}\prod_{\gamma=z+1}^{n_c}\psi_{ji\gamma}.$$

После этого значение кода-номера $N^{(3)}$ будет равно

$$N^{(3)}=(\sum_{j=1}^{n_{стб}}\sum_{i=1}^{n_{стр}}\sum_{z=1}^{n_c}a_{jiz}\prod_{\gamma=z+1}^{n_c}\psi_{ji\gamma}\prod_{k=i+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{jk\gamma})\prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}}V^{(n_{стр},n_c)}_{\eta}=$$

$$=\sum_{j=1}^{n_{стб}}\sum_{i=1}^{n_{стр}}\sum_{z=1}^{n_c}a_{jiz}\prod_{\gamma=z+1}^{n_c}\psi_{ji\gamma}\prod_{k=i+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{jk\gamma}\prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}}\prod_{i=1}^{n_{стр}}\prod_{z=1}^{n_c}\psi_{\eta iz}.$$

Анализируя сомножитель при элементе a_{jiz}, приходим к выводу, что

$$\omega_{jiz}=\prod_{\gamma=z+1}^{n_c}\psi_{ji\gamma}\prod_{k=i+1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{jk\gamma}\prod_{\eta=j+1}^{n_{стб}}\prod_{k=1}^{n_{стр}}\prod_{\gamma=1}^{n_c}\psi_{\eta k\gamma}.$$

Следовательно, выражение (3) доказано. Теорема доказана.

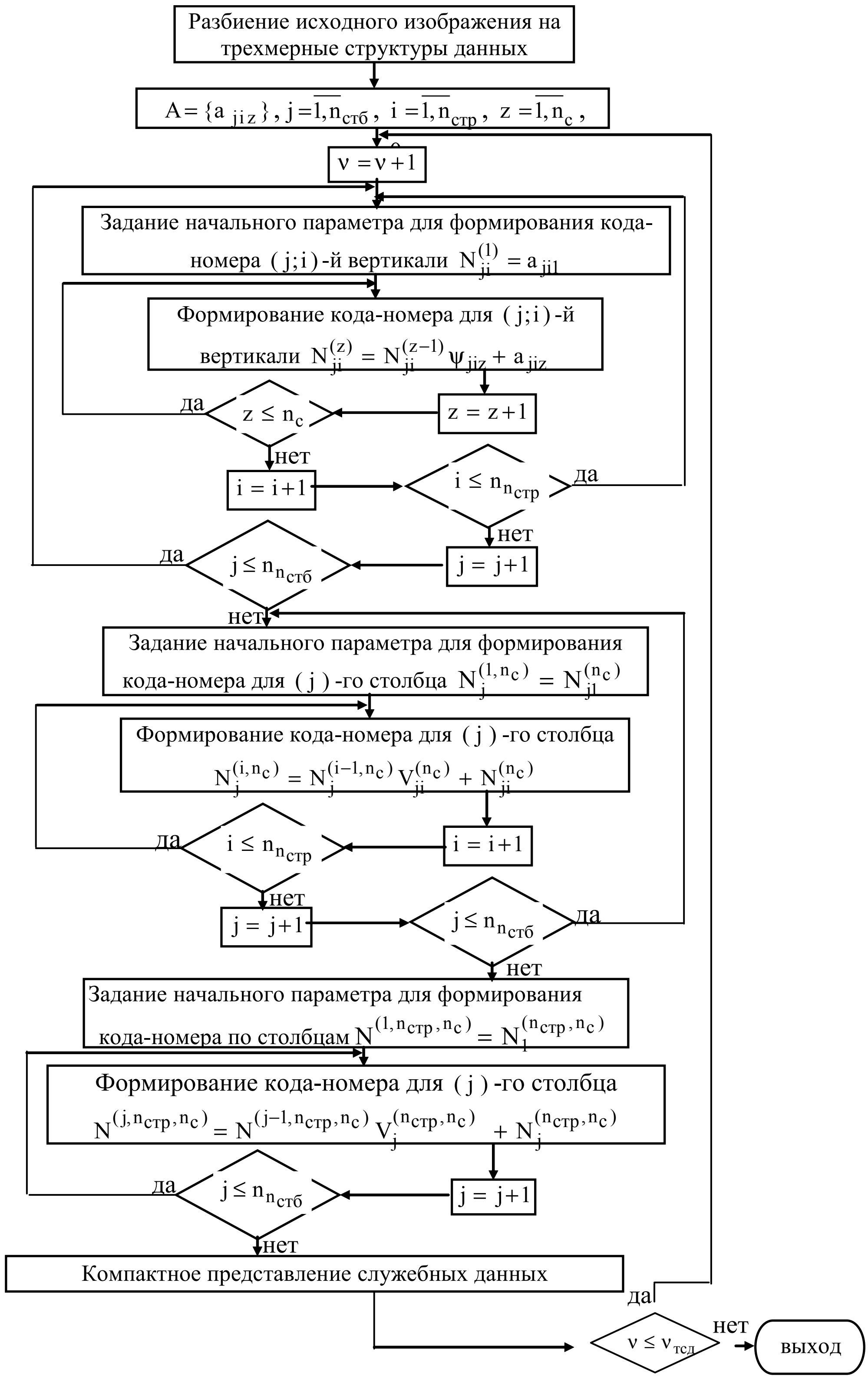
Значит, соотношение (3) позволяет сформировать код-номер переменой длины для трехмерного полиадического числа фиксированной длины.

Граф-схема метода трехмерного равномерного полиадического кодирования переменной длиной кода приводится на рисунке.

Выводы

1. Разработано трехмерное кодирование данных на основе трехмерной полиадической нумерации. Разработанное кодирование обеспечивает исключение избыточности одновременно по трем координатам трехмерных структур данных. При этом обработка трехмерных структур данных осуществляется в режиме равномерных трехмерных полиадических чисел и переменной длины кодового слова на представление их кодового значения.

Созданное кодирование обеспечивает построение компактного представления видеоданных в трехмерном пространстве для случаев, когда: нет жестких ограничений на длину кодограммы; формирование длины кодового слова зависит от динамически меняющихся характеристик по вычислительному ресурсу; для передачи по каналам связи используется пакетирование переменной длины; код должен строиться для установленного количества элементов в кадре или в потоке.



Граф-схема трехмерного кодирования

2. Сжатие обеспечивается за счет исключения структурной избыточности, обусловленной ограниченностью и неравномерностью динамических диапазонов элементов видеоданных одновременно по трем координатам трехмерных структур данных. Значение выигрыша в коэффициенте сжатия за счет дополнительного учета закономерностей в динамичес-

ком диапазоне по третьей координате будет тем больше, чем меньше значения оснований трехмерного полиадического числа относительно значений оснований двумерного полиадического числа.

Список литературы: 1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р.Вудс. М.: Техносфера, 2005. 1072 с. **2**. *Баранник В.В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. Х.: ХУПС, 2009. 252 с. **3.** *Barannik V.V.* Method of the 3-D Image Processing / V.V. Barannik, S.V. Karpenko // Modern problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference TCSET'2008, Lviv-Slavsko, Ukraine, February 20 – 24, 2008. P. 115 – 117. **4.** *Беляев Е.А.* Сжатие видеоинформации на основе трехмерного дискретного псевдо-косинусного преобразования для энергоффективных систем видеонаблюдения / Е.А. Беляев, Т.М. Сухов, Н.Н. Шостацкий // Компьютерная оптика. Том 34, 2. 2010. С. 260 – 272, **5**. *Glen P. Abousleman, Michael W. Marcellin, Bobby R. Hunt.* Compression of hyperspectral imagery using the 3-D DCT and hybrid DPCM-DCT, IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. 1995. Vol. 33. No. 1. **6**. *Yui-Lam Chan and Wan-Chi Siu.* Variable temporal-length 3-D discrete cosine transform coding // IEEE Transactions on image processing. ,1997. Vol. 6. No. 5. **7.** *B. Furht, Ken Gustafson, Hesong Huang and Oge Marques*, An Adaptive Three-Dimensional DCT Compression Based on Motion Analysis // Proceedings of the 2003 ACM symposium on Applied computing, 2003. **8.** *T.Mekky*, On the computation of the 3-D DCT // IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems. 2003. Vol. 3. P.1141 – 1143. **9.** *Баранник В.В.* Трехмерное полиадическое кодирование в направлении, начиная с младших элементов / В.В.Баранник, Ю.Н. Рябуха // Сучасна спеціальна техніка. 2013. №3. С. 15 – 20.

Поступила в редколлегию 09.09.2013

Рябуха Юрий Николаевич, канд. техн. наук, соискатель кафедры "Боевого применения и эксплуатации АСУ" Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных сетях. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

УДК 519.876.2

О.А. КРИВОДУБСКИЙ, И.В. ТЕРЕЩУК

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И АЛГЕБРА ЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ СППР БЮДЖЕТИРОВАНИЯ

Производится группировка и формализация множеств показателей бюджетов и их характеристик трехуровневой СППР бюджетирования. Осуществляется классификация переменных. Описывается структура каждого из уровней в виде графа. Формализуются взаимосвязи между показателями различных уровней.

Введение

Актуальность. Одной из отличительных особенностей работы промышленных предприятий группы «А» (производство средств производства) Украины в современных условиях является потребность в постоянном контроле финансового состояния, что реализуется с помощью трехуровневой СППР бюджетирования. Поэтому разработка математического обеспечения СППР является особенно актуальной проблемой. Разработка математических моделей процесса бюджетирования позволит повысить качество и эффективность планирования и оперативного управления процессом на предприятиии.

Анализ исследований. Процессы формирования и движения материальных и соответствующих денежных потоков на предприятиях группы «А» рассмотрены в работе [3]. Аппарат дискретной математики, а также основы теории множеств, используемые при формализации взаимосязей между переменными, изложены в [1, 2].

Целью данного исследования является формализация структуры бюджетирования предприятия группы «А». Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: на каждом из трех уровней системы выполнить группировку и формализацию множеств показателей финансирования производственной программы, а также их характеристик; осуществить классификацию переменных; представить структуру каждого из уровней в виде ориентированных графов; формализовать взаимосвязи между показателями различных уровней.