

УДК 629.391

Ю. Н. РЯБУХА

*Харьковский университет Воздушных Сил, Украина*

## МЕТОД ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА ОПЕРАЦИЙ НА РЕКУРРЕНТНОЕ ТРЕХМЕРНОЕ КОДИРОВАНИЕ ДАННЫХ

*Проводится обоснование необходимости разработки технологии компрессии и кодирования видеоинформационных структур в направлении повышения компрессионных характеристик с учетом сокращения избыточности в трехмерных структурах данных. Излагается метод для оценки количества операций на поэлементное трехмерное полиадическое кодирование, использующее рекуррентную схему обработки. Метод учитывает возможность организации процесса кодирования за один проход. Показывается возможность обработки видеоинформационных структур с высоким разрешением в реальном времени.*

**Ключевые слова:** кодирование трехмерных структур данных, сложность обработки.

### Введение

Развитие современного общества диктует новые инициативы в сфере информационных услуг, предоставляемых с использованием телекоммуникационных технологий [1]. В результате на новый виток технологической реализации выходят видеоинформационные сервисы. Дальнейшее совершенствование таких систем идет в направлении повышения разрешающей способности. Здесь понимается разрешающая способность, включающая в себя:

- кадрово-временное разрешение или количество кадров, формируемых в единицу времени (частота кадров);

- кадрово-пространственное разрешение или количество кадров, образующихся для одной видеосцены, т.е. стереоскопическое разрешение;

- разрешение кадра или количество строк и столбцов, используемых для формирования одного снимка;

- разрешение пикселя или количество двоичных разрядов, отводимых на один элемент полноцветного изображения.

Данные обстоятельства неминуемо приводят к резкому росту объемов видеоданных. В тоже время характеристики телекоммуникационных систем, не смотря на увеличение их производительности, существенно отстают от темпов роста потребностей в качественном видеоинформационном обеспечении. Соответственно по этим причинам диктуется необходимость дальнейшего развития технологий компрессии и кодирования видеоинформационных структур [2, 3]. В этом направлении требуется обеспечить повышение компрессионных характеристик с учетом сокращения избыточности в трехмерных

структурах данных, что определяет *актуальность научно-прикладной проблематики* исследований.

### Особенности реализации кодирования трехмерных структур данных

Одним из эффективных направлений создания технологий трехмерного кодирования являются кодовые структуры, предложенные в работах [4, 5]. Блок-схема такого кодирования приведена на рис. 1.

В тоже время для данной технологии отсутствует оценка сложности реализации на вычислительных устройствах. Здесь в первую очередь требуется оценить количества операций на трехмерную обработку. Поэтому *цель исследований статьи* заключается в разработке метода оценки количества операций на трехмерное кодирование.

### Создание метода для оценки сложности вычислительной реализации трехмерного кодирования

Для определения суммарного количества операций  $\mu_{k_1}^{(\max)}$ , затрачиваемого на формирование кода-номера для всей трехмерной структуры данных проведем оценку количества операций  $\mu_{k_1}^{(1)}$ , отводимых для пересчета значения кода-номера  $N^{(j,i,z-1)}$  с учетом добавления очередного  $(j,i,z)$ -го элемента ТСД. Чтобы оценить величину  $\mu_{k_1}^{(1)}$  рассмотрим анализ процесса вычисления значения кода-номера  $N^{(jiz)}$  с учетом добавления элемента  $a_{jiz}$ , для чего требуется [5]:

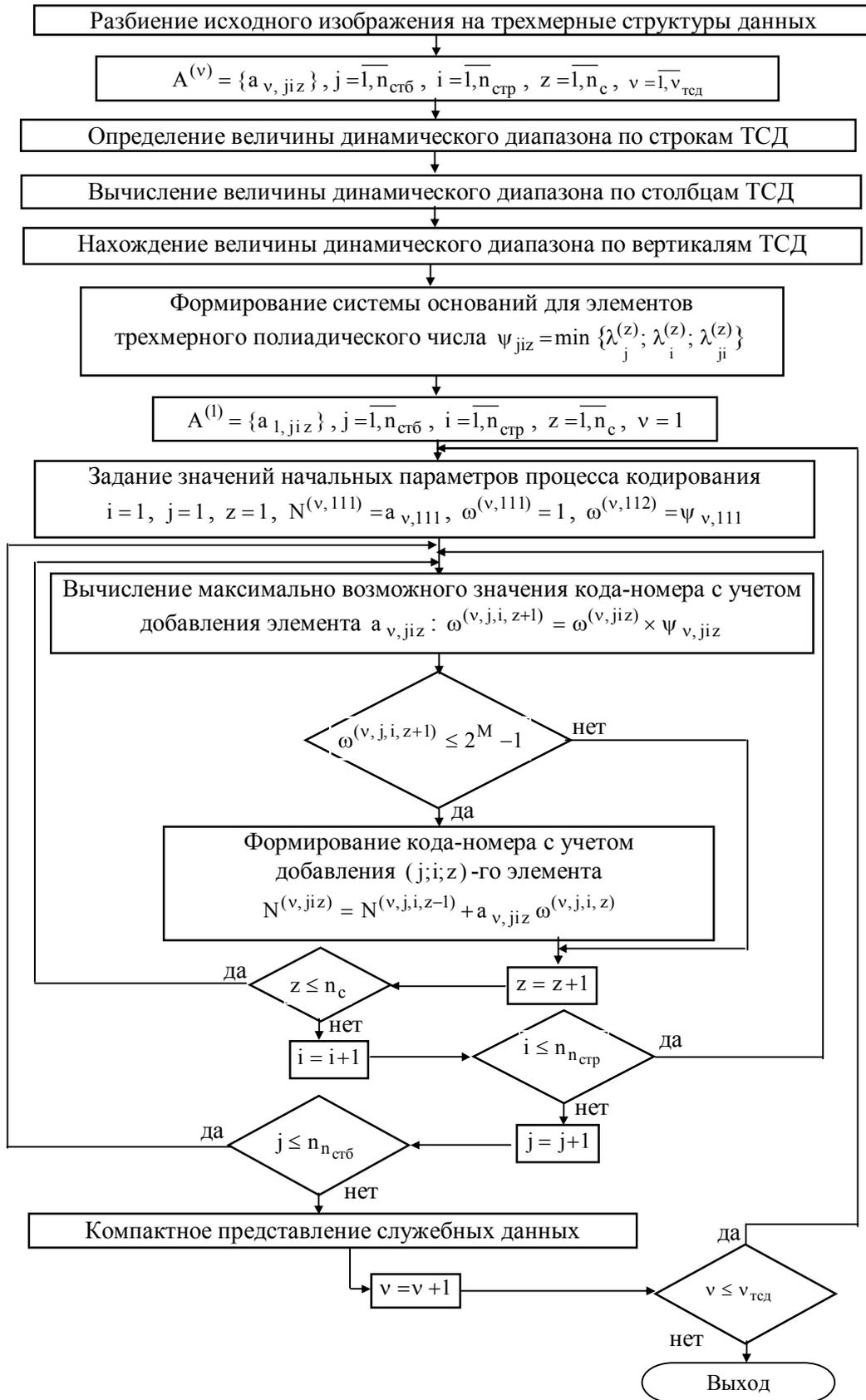


Рис. 1. Граф-схема трехмерного кодирования в направлении с младших элементов

- вычислить значение накопленного произведения оснований  $\prod_{\phi=1}^z \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi}$  всех предыдущих элементов. Поскольку на  $(j, i, z)$  шаге обработки известно значение накопленного произведения всех оснований всех элементов, кроме основания  $\Psi_{jiz}$  добавляемого элемента  $a_{jiz}$ , то требуется выполнить одну операцию умножения

$$\prod_{\phi=1}^{z-1} \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi} \times \Psi_{jiz};$$

- для проверки на допустимость элемента  $a_{jiz}$  необходимо выполнить одну операцию сравнения величин

$$\prod_{\phi=1}^z \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi} \text{ и } 2^M - 1;$$

- найти значение произведения элемента  $a_{jiz}$  на его весовой коэффициент

$$\prod_{\phi=1}^{z-1} \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi} :$$

$$a_{jiz} \times \prod_{\phi=1}^{z-1} \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi} ;$$

- для непосредственного нахождения кода-номера  $N^{(jiz)}$  осуществляется сложение величин

$$N^{(j,i,z-1)} \text{ и } a_{jiz} \times \prod_{\phi=1}^{z-1} \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi} .$$

Значит, для формирования кода-номера  $N^{(jiz)}$  с учетом добавления элемента  $a_{jiz}$  затрачиваются: две операции умножения, одна операция сравнения и одна операция сложения

$$\mu_{k_1}^{(1)} = 2 \text{ (оп. умножения)} + 1 \text{ (оп. сравнения)} + 1 \text{ (оп. сложения)}. \quad (1)$$

С учетом выражения (1) количество операций, затрачиваемое для нахождения кода-номера всей ТСД  $N^{(v)}$  равно [5]:

$$\mu_{k_1}^{(max)} = 2n_{стр} n_{стр} n_c \text{ (оп. умножения)} + n_{стр} n_{стр} n_c \text{ (оп. сравнения)} + n_{стр} n_{стр} n_c \text{ (оп. сложения)}. \quad (2)$$

Для случая  $n_{стр} = n_{стр} = n_c = n$  максимальное количество операций для рекуррентного кодирования находится по формуле

$$\mu_{k_1}^{(max)} = n^3 (2,6 + 1 + 1,5) = 5,1n^3. \quad (3)$$

Тогда соотношение для оценки временных затрат  $t_{k_1}^{(max)}$  на формирование кода-номера всей трехмерной структуры данных примет вид

$$t_{k_1}^{(max)} = 5,1n^3 / U_{мп}. \quad (4)$$

Отсюда время  $T_{k_1}^{(max)}$ , затрачиваемое на формирование компактного представления кадра изображения с размерами  $Z_{стр} \times Z_{стб}$  равно:

$$T_{k_1}^{(max)} = Z_{стр} \times Z_{стб} t_{k_1}^{(max)} / n^3. \quad (5)$$

Зависимость величин  $\mu_{k_1}^{(max)}$ ,  $t_{k_1}^{(max)}$  и  $T_{k_1}^{(max)}$  от  $n$  для  $U_{мп} = 10^{10}$  (м.о./с), полученная на основе соотношений (3) – (5), приведена соответственно в табл. 1 и 2. Анализ данных, представленных в табл. 1 и 2 показывает, что предложенное трехмерное полиадическое кодирование осуществляет в реальном времени формирование кодовых комбинаций компактного представления изображений с размерами, 3000×2000 и 7000×5000 элементов.

Таблица 1

Зависимость количества операций  $\mu_{k_1}^{(max)}$  и времени восстановления  $t_{k_1}^{(max)}$  от  $n$

Размер ТСД	Типы операций			$t_{k_1}^{(max)}$ , сек.
	сложения, 1	умножения, 1,33	сравнения, 1,5	
$n = 4$	64	166,4	96	$3,2 \times 10^{-8}$
$n = 8$	512	1331	768	$2,6 \times 10^{-7}$
$n = 16$	4096	10649	6144	$2,1 \times 10^{-6}$

Таблица 2

Зависимость времени восстановления изображения  $T_{k_1}^{(\max)}$  от размера кадра и объема ТСД

Размер кадра	Объем ТСД	$T_{k_1}^{(\max)}$
1024×1024	64	$5,3 \times 10^{-4}$ , сек.
	512	$5,2 \times 10^{-4}$ , сек.
3000×2000	64	$3,1 \times 10^{-3}$ , сек.
	512	$3 \times 10^{-3}$ , сек.
7000×5000	64	$1,7 \times 10^{-2}$ , сек.
	512	$1,77 \times 10^{-2}$ , сек.

Для проведения трехмерного кодирования на каждом шаге обработки требуется хранить *четыре параметра*: значение кода-номера  $N^{(j,i,z-1)}$  на  $(j, i, z-1)$ -м шаге обработки, значение добавляемого элемента  $a_{jiz}$ , величины его весового коэффици-

ента  $\prod_{\phi=1}^{z-1} \Psi_{ji\phi} \prod_{\beta=1}^{i-1} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{j\beta\phi} \prod_{\alpha=1}^{j-1} \prod_{\beta=1}^{n_{стр}} \prod_{\phi=1}^{n_c} \Psi_{\alpha\beta\phi}$  и соответ-

ствующего основания  $\Psi_{jiz}$ . Это позволяет: в процессе вычислений задействовать меньшее количество регистров оперативной памяти, сократить до минимума количество обращений к внешнему запоминающему устройству и упростить техническую реализацию кодера.

### Заключение

Разработан метод оценки количества операций для реализации кодирования на универсальных вычислительных системах на основе поэлементной рекуррентной схемы вычислений. При оценке количества операций учитывается, что формирование кода организуется с учетом добавления элемента, расположенного в произвольном месте трехмерной структуры данных. Отличительной характеристикой метода является то, что учитывается возможность организации процесса кодирования за один проход.

Проведенные оценки показали, что трехмерное полиадическое кодирование осуществляет в реальном времени формирование кодовых комбинаций

компактного представления изображений с размерами, порядка 10 Мпикселей.

### Литература

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов [Текст] / В. Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. - 958 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. - М.: Техносфера, 2005. - 1072 с.
3. Баранник, В. В. Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ [Текст] / В. В. Баранник, Ю. В. Стасев, Н. А. Королева. - Х.: ХУПС, 2009. - 252 с.
4. Карпенко, С. В. Создание подхода для исключения трехмерной избыточности изображений [Текст] / С. В. Карпенко // Збірник наукових праць. - Х.: ХУПС. - 2007. - Вип. 3 (15). - С. 90 - 93.
5. Баранник, В. В. Трехмерное полиадическое кодирование в направлении, начиная с младших элементов [Текст] / В. В. Баранник, Ю. Н. Рябуха // Сучасна спеціальна техніка. - 2013. - № 3. - С. 17 - 25.

Поступила в редакцию 5.09.2013, рассмотрена на редколлегии 11.12.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., нач. кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ В. В. Баранник, Харьковский университет Воздушных Сил, г. Харьков.

## МЕТОД ОЦІНКИ КІЛЬКОСТІ ОПЕРАЦІЙ НА РЕКУРЕНТНЕ ТРИВИМІРНЕ КОДУВАННЯ ДАНИХ

*Ю. М. Рябуха*

Проводиться обґрунтування необхідності розробки технології компресії і кодування відеоінформаційних структур у напрямку підвищення компресійних характеристик з врахуванням скорочення надмірності в тривимірних структурах даних. Висловлюється метод для оцінки кількості операцій на поелементне тривимірне поліадичне кодування, що використовує рекурентну схему обробки. Метод враховує можливість організації процесу кодування за один прохід. Показується можливість обробки структур відеоінформацій з високим дозволом в реальному часі.

**Ключові слова:** кодування тривимірних структур даних, складність обробки.

## METHOD ESTIMATION AMOUNT OPERATIONS ON THE RECURRENT THREE-DIMENSIONAL ENCODING OF DATA

*Yu. M. Ryabukha*

The ground necessity development technology compression and encoding video information structures is conducted in the direction increase compression descriptions taking into account reduction surplus in the three-dimensional structures of data. A method is expounded for the estimation amount of operations on the member wise three-dimensional polyadical encoding, utilizing the recurrent chart of treatment. A method is taken into account by possibility of organization of process encoding for one passage-way. Possibility of treatment of video information structures is shown with a high-res in real time.

**Key words:** encoding of three-dimensional structures of data, complication of treatment.

**Рябуха Юрий Николаевич** – канд. техн. наук, соискатель, Харьковский университет Воздушных Сил, г. Харьков, Украина.