

УДК 621.327:681.5

С.И. Кривенко<sup>1</sup>, А.А. Красноруцкий<sup>2</sup><sup>1</sup> Государственная инспекция связи, Киев<sup>2</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КОМПРЕССИРОВАННОЙ ФОРМЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Излагается метод формирования компрессированных изображений с контролируемой потерей качества для их передачи в телекоммуникационных системах. Метод компактного представления основан на: формировании апертурно-координатной формы оцифрованных изображений, представленных в цветоразностном виде; построении единого двухтипового кода для элементов массива координатных перепадов и элементов массива относительных длин апертур. Сжатие достигается за счет сокращения избыточности, обусловленной структурными закономерностями в массивах координатных перепадов, а именно, неравенство соседних элементов и ограничение на динамический диапазон элементов массива; ограниченным значением длин апертур и дополнительным запретом допустимых подпоследовательностей в разностном пространстве относительно абсолютного полиадического пространства.

**Ключевые слова:** компрессия изображений, структурное кодирование массивов координат апертур.

### Введение

#### Постановка проблемы и анализ литературы.

Одной из причин возникновения перегрузок в телекоммуникационных сетях являются возросшие объемы видеоданных [1 – 4]. Эффективное снижение объемов данных достигается за счет формирования апертурно-координатного описания (АКО) изображений [3 – 4]. Однако, при обработке сильнонасыщенных изображений такой подход приводит к снижению степени компрессии данных. Поэтому **актуальная научная задача** состоит в повышении степени сжатия изображений с контролируемой потерей качества.

В работе [5] выявлены недостатки существующих методик оценки эффективности процессов компактного представления, состоящие в том, что они не отражают особенности формирования АКО при кодировании массивов апертурных координат. Обоснована потенциальная эффективность по степени сжатия и времени обработки массивов апертурных координат для реалистических изображений различных классов.

В работе [6] построена методология апертурно-координатного представления изображений с контролируемой погрешностью. Выявлено, что: в массивах апертур относительно массивов длин серий одинаковых элементов обеспечивается увеличение средней длины апертуры; в массивах координат существует закономерность, обусловленная неравномерностью соседних элементов. Обосновано, что данный подход позволяет осуществить сжатие изображений на основе выявления структурных закономерностей в массивах апертур и массивах их координат.

Отсюда **цель статьи** сводится к построению метода компрессии видеоданных на основе созданной методологии сокращения избыточности в апертурно-координатном представлении изображений.

### Разработка метода компрессии изображений с контролируемой потерей качества

В процессе разработки метода компрессии требуется учитывать особенности, связанные с:

- выбором модели цветового представления;
- уровнем вносимых при сжатии ошибок;
- типом сокращаемых избыточностей;
- передачей по телекоммуникационным сетям;
- необходимостью дополнительного снижения

времени обработки и передачи данных для фиксированного объема компактно представленных видеоданных.

В зависимости от модели цветового представления изображения можно обеспечить наличие тех или иных преимуществ для дальнейшей обработки с целью сжатия и снижения времени передачи в ТКС. Одной из моделей, обладающих такими свойствами, является цветоразностная модель YCrCb.

В результате перехода от модели RGB к цветоразностной модели YCrCb проявляются следующие свойства:

- снижение динамического диапазона элементов цветоразностных плоскостей Cr и Cb относительно динамического диапазона исходного RGB представления. Это позволяет дополнительно повысить степень сжатия массивов координатных перепадов в результате уменьшения величины d (d – диапазон значений элементов массив координатных перепадов):

$$V(YCrCb)'_{\ell} = \log_2 d_{YCrCb} + n(m-1)\log_2(d_{YCrCb} - 1) < \\ < V(RGB)'_{\ell} = \log_2 d_{RGB} + n(m-1)\log_2(d_{RGB} - 1),$$

где  $V(YCrCb)'_{\ell}$ ,  $V(RGB)'_{\ell}$  – максимальное количество разрядов, затрачиваемое на представление массивов координатных перепадов соответственно сформиро-

ванных для цветовой модели YCrCb и RGB;  $d_{YCrCb}$ ,  $d_{RGB}$  – величина динамического диапазона для массивов координатных перепадов, полученных соответственно для цветовой модели YCrCb и RGB;

– сохранение линейных однородных свойств исходной RGB модели изображений;

– визуально потери в качестве цвета менее заметны, чем потери в яркости. Это позволяет при обработке элементов плоскостей Cr и Cb допускать контролируемые погрешности;

– увеличивается длина апертуры, состоящая из элементов когерентной области изображения. Это приводит к уменьшению количества массивов длин апертур и массивов координатных перепадов, образованных для изображений, а, следовательно, дополнительно увеличивается степень сжатия.

Для снижения количества операций на обработку (сжатие и восстановление видеоданных) **предлагается** организовывать:

1) рекуррентное кодирование и декодирование массивов данных для апертурно-координатной формы изображений, что позволит формировать значение кода-номера по мере поступления элементов массивов данных АКОИ;

2) формирование единого кодового представления для элементов массивов длин апертур и координатных перепадов. Это позволит:

– сократить количество обращений к ВЗУ. Поскольку за одно обращение к ВЗУ считаются данные, необходимые для восстановления фрагмента АКО изображения;

– сократить объем памяти, отводимой для хранения промежуточных данных. Например, при раздельном кодировании массивов апертур и их координат требуется полностью хранить восстановленные значения массивов апертур до получения элементов массивов координатных перепадов.

Формирование единого кодового представления  $C'_{\ell,r}$  для массивов координатных перепадов и массивов длин апертур **предлагается** проводить с учетом следующих особенностей:

1. Массивы  $A'_\ell$  координатных перепадов представляются в виде двумерных позиционных чисел с неравными соседними элементами. Поэтому ограничения на динамический диапазон их элементов являются постоянными. Это позволяет определить **минимальное** количество  $q_\ell$  элементов, для которых можно сформировать код  $C'_\ell$ , так что его длина  $(\lceil \log_2 C'_\ell \rceil + 1)$  в битах не будет превышать заданную длину  $W_{kc}$  кодового слова.

$$(\lceil \log_2 C'_\ell \rceil + 1) \leq W_{kc}. \quad (1)$$

Кодовым словом  $W_{kc} = W_{mc}$  может быть машинное слово в случае хранения сжатых данных на ВЗУ информационно-вычислительного комплекса или информационная часть пакета данных  $W_{kc} = W_{ип}$  в случае передачи сжатых данных в ТКС с коммутацией

пакетов. Для известного значения величины  $d$  (для цветоразностной модели представления исходного изображения  $d = d_{YCrCb}$ ) значение  $q_\ell$  находится на основе использования выражения

$$C'_\ell \leq S'_\ell - 1.$$

где  $S'_\ell$  – количество допустимых массива координатных перепадов  $A'_\ell$ .

Из анализа данного неравенства вытекает, что для выполнения условия (1) величина  $q_\ell$  должна находиться по формуле

$$q_\ell = W_{kc} / (\lceil \log_2(d-1) \rceil + 1). \quad (2)$$

При формировании единого кода величина  $q_\ell$  является постоянной величиной, кроме случая, когда ее значение не является кратным количеству элементов  $m \times n$  массива  $A'_\ell$ . Тогда выполняется условие  $m \times n - \lfloor m \times n / q_\ell \rfloor q_\ell \neq 0$ , а оставшееся количество  $q_{\ell,v}$  элементов в массиве  $A'_\ell$  для формирования кода равно

$$q_{\ell,v} = m \times n - \lfloor m \times n / q_\ell \rfloor q_\ell. \quad (3)$$

В случае быстрого определения минимального количества допустимых элементов массива координатных перепадов по формуле (2) дополнительно сокращается количество операций сравнения, затрачиваемых для отбора элементов массива  $A'_\ell$ , для которых формируется код  $C'_\ell$  в пределах требуемой битовой длины  $W_{kc}$ .

2. Особенность первого этапа формирования единого кода для АКОИ заключается в том, что кодовое слово заполняется не полностью, т.е.

$$(\lceil \log_2 C'_\ell \rceil + 1) < \log_2 S'_\ell = \log_2 d(d-1)^{q_\ell - 1} < W_{kc}.$$

Значит, образуется остаточное количество  $\Delta W_{kc}$  разрядов в кодовом слове

$$\Delta W_{kc} = W_{kc} - \log_2 S'_\ell, \quad (4)$$

где  $\log_2 S'_\ell$  – максимальное количество разрядов, которое можно затратить на представление кода-номера  $C'_\ell$  для заданных величин  $d$  и  $q_\ell$ .

Это влияет на уменьшение степени сжатия. Причины появления остаточного количества разрядов состоят в:

– не кратности в общем случае величины  $(d-1)$  степени 2;

– формировании начального значения единого кода для максимального значения величины  $\log_2(d-1)$ .

3. Для реалистических изображений значения элементов массивов апертур в среднем имеют меньший динамический диапазон  $(r_i^{(max)} - \mu_i)$ , чем элементы массивов координатных перепадов

$$d \leq (r_i^{(max)} - \mu_i). \quad (5)$$

Поэтому остаточное количество разрядов предлагается заполнять за счет дополнительного

(добавочного) формирования начального значения  $C'_\ell$  единого кода-номера, полученного на основе  $q_\ell$  элементов массива  $A'_\ell$ , путем добавления элементов массива  $A'_r$ .

Таким образом, единый код-номер строится для последовательности элементов АКОИ, состоящей из:

–  $q_\ell$  элементов массива  $A'_\ell$  рассматриваемого как двумерное позиционное число с неравными соседними элементами;

–  $q_r$  элементов массива  $A'_r$  рассматриваемых как элементы полиадического числа в разностном пространстве.

Для такого варианта, чтобы выполнялось условие не переполнения длины кодового слова

$$(\lceil \log_2 C'_{\ell, r} \rceil + 1) \leq W_{kc} \quad (6)$$

требуется обеспечить выполнение неравенства

$$(\lceil \log_2 \Delta C'_{\ell, r} \rceil + 1) \leq \Delta W_{kc}, \quad (7)$$

где  $\Delta C'_{\ell, r}$  – добавочное значение для единого кода-номера  $C'_{\ell, r}$ , формирующееся в результате добавления к  $q_\ell$  элементам массива координатных перепадов  $q_r$  элементов массива  $A'_r$ .

Поскольку величина  $(r_i^{(\max)} - \mu_i)$  не является константой в пределах одного массива апертур, то количество элементов  $q_r$  будет переменным числом. Это приводит к необходимости организовывать рекуррентный отбор элементов массива  $A'_r$  для формирования кода  $\Delta C'_{\ell, r}$  при условии выполнения неравенства (7).

Предложенный **двухтиповой подход** относительно формирования единого кода для АКОИ позволяет:

- дополнительно повысить степень сжатия видеоданных;
- сократить время восстановления изображений.

## Выводы

1. Разработан метод формирования компрессированных изображений с контролируемой потерей качества для их передачи в телекоммуникационных системах. Метод компактного представления основан на:

– формировании апертурно-координатной формы оцифрованных изображений, представленных в цветоразностном виде. Это позволяет устранить структурную избыточность, обусловленную наличием когерентных однородных областей, и психовизуальную избыточность, вызванную особенностями зрительной системы человека, заключающуюся в меньшей чувствительности к искажениям в цветоразностных плоскостях, и к незначительным изменениям цвета в локальных областях;

– построении единого двухтипового кода для элементов массива координатных перепадов и элементов массива относительных длин апертур.

На данном этапе сокращается избыточность, обусловленная:

– структурными закономерностями в массивах координатных перепадов, а именно, неравенство соседних элементов и ограничение на динамический диапазон элементов массива;

– ограниченным значением длин апертур и дополнительным запретом допустимых подпоследовательностей в разностном полиадическом пространстве относительно абсолютного полиадического пространства.

Кроме того, дополнительное увеличение степени сжатия обусловлено сокращением количества остаточных разрядов (расположенных за пределами рабочего диапазона) в кодовом слове, за счет формирования добавочного значения единого двухтипового кода.

*Новизна данного научного результата* заключается в том, что впервые формируется кодовое представление для последовательностей, состоящих из элементов двумерного позиционного числа с неравными соседними элементами и элементов разностного полиадического числа.

Это позволяет:

– быстро определить минимальное количество допустимых элементов массива координатных перепадов по формуле. Сокращается количество операций сравнения, затрачиваемых для отбора элементов массива  $A'_\ell$ , для которых формируется код  $C'_\ell$  в пределах требуемой битовой длины  $W_{kc}$ ;

– увеличить степень компрессии в результате того, что снижается остаточное количество разрядов за счет их заполнения добавочной составляющей единого двухтипового кода строящейся на базе элементов массива  $A'_r$ ;

– сократить количество обращений к ВЗУ. Поскольку за одно обращение к ВЗУ считаются данные, необходимые для восстановления фрагмента АКО изображения;

– снизить объем памяти, отводимой для хранения промежуточных данных. Например, при раздельном кодировании массивов апертур и их координат требуется полностью хранить восстановленные значения массивов апертур до получения элементов массивов координатных перепадов.

## Список литературы

1. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Баранник В.В., Гуржий П.Н. Метод сжатия цветных координат и длин серий в смешанном полиадическом пространстве // Моделивання та інформаційні технології. – К.: ІПМЕ, НАНУ. – 2005. – Вып. 33. – С. 220-223.
4. Стасев Ю.В., Баранник В.В., Бридня Е.А. Информационная модель апертурного представления // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 33. – С. 47-56.

5. Кривенко С.И., Коломийцев А.В. Методика оценки эффективности представления массивов апертурных координат // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – №. 2(29). – С. 63-65.

6. Кривенко С.И. Методология построения апертурно-координатного представления для обработки изображений с контролируемой погрешностью // Открытые информационные и компьютерные интегрированные тех-

нологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2008. – Вып. 39. – С. 283-287.

Поступила в редколлегию 1.09.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков.

#### МЕТОД ПОБУДОВИ КОМПРЕСІРОВАНОЇ ФОРМИ ЗОБРАЖЕНЬ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

С.І. Кривенко, А.О. Красноруцький

Висловлюється метод формування компресірованих зображень з контрольованою втратою якості для їх передачі в телекомунікаційних системах. Метод компактного представлення заснований на: формуванні апертурно-координатної форми цифрованих зображень, представлених в кольорорізнисцевому вигляді; побудові єдиного двутипового коду для елементів масиву координатних перепадів і елементів масиву відносних довжин апертур. Стиснення досягається за рахунок скорочення надмірності обумовленої: структурними закономірностями в масивах координатних перепадів, а саме, нерівність сусідніх елементів і обмеження на динамічний діапазон елементів масиву; обмеженням значенням довжин апертур і додатковою заборонаю допустимих підпоследовностей в різницевому просторі щодо абсолютного поліадичного простору.

**Ключові слова:** компресія зображень, структурне кодування масивів координат апертур.

#### A METHOD OF CONSTRUCTION OF THE COMPRESSED FORM OF IMAGES IS IN THE TELECOMMUNICATION SYSTEMS

S.I. Krivenko, A.A. Krasnorutskiy

The method of compressed picture generation is expounded with the controlled loss of quality for their transmission in the telecommunication systems. The method of compact presentation is based on: forming aperture of co-ordinate form of the digitised images, presented in a color-difference kind; construction single two model cod for array of co-ordinate overfalls and array of relative lengths of apertures cells. A compression is arrived at for reductions of surplus conditioned: by structural conformities to the law in the arrays of co-ordinate overfalls, namely, inequality of nearby elements and limit on the dynamic range of array cells; by the limited value of lengths of apertures and additional prohibition of possible sequences in difference space in relation to absolute polyadical space.

**Keywords:** compression of images, structural encoding of arrays of co-ordinates of apertures.



