

УДК 621.327:681.5

**В.В. Шинкарев**

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Проводится разработка технологии компрессии изображений в средствах телекоммуникаций аэрокосмического мониторинга. Изложено рекуррентное кодирование неравновесных перфорированных позиционных чисел. Рассматривается оценка эффективности созданной технологии по степени сжатия и времени передачи видеоданных с бортовых комплексов.*

**Ключевые слова:** компрессия изображений, рекуррентное кодирование данных.

*Проводиться розробка технології компресії зображень у засобах телекомунікацій аерокосмічного моніторингу. Викладено рекуррентне кодування нерівноважних перфорованих позиційних чисел. Розглядається оцінка ефективності створеної технології за ступенем стиснення і часу передачі відеоданих з бортових комплексів.*

**Ключові слова:** компресія зображень, рекуррентне кодування даних.

*An image compression technology in the devices of the aerospace monitoring tele-communications is worked out. The recurrent encoding of the non-equilibrium perforated position numbers is stated. The estimation of an efficiency of the created technology is examined according to the degree of compression and time of transmission of video information from side complexes is studied.*

**Keywords:** compression of images, recurrent encoding of data.

Одной из главных задач в процессе аэрокосмического мониторинга является обеспечение заданных требований относительно своевременности обработки и передачи видеoinформации с использованием бортовых информационно-телекоммуникационных технологий. В процессе чего требуется сокращать объемы видеоданных. Этим обуславливается актуальность научных исследований, связанных с развитием методов и технологий компактного представления видеоданных. При этом необходимо учитывать, что в системе аэрокосмического мониторинга технологии компрессии строятся, опираясь на методы как без потери качества, так и с контролируемой потерей качества [1–3]. Одной из базовых компонент таких технологий является преобразование изображения в дифференцированное описание [1; 4]. Однако существующие технологии обработки видовых изображений не обеспечивают требуемых значений коэффициентов сжатия для насыщенных реалистических изображений с заданным качеством их реконструкции. Таким образом, построение технологии обработки изображений для бортовых средств телекоммуникаций в системе аэрокосмического мониторинга является целью исследования статьи.

### Разработка технологии компрессии для средств телекоммуникаций в системе аэрокосмического мониторинга

В процессе построения кодовой конструкции для позиционного неравновесного числа необходимо предусмотреть следующие возможности для [5]: снижения значения кода без использования дополнительной служебной информации; формирования кодовых комбинаций равномерной длины; исключения случаев, приводящих к переполнению кодового слова.

Особенность обработки в перфорированном неравновесном пространстве (ПНП) заключается в том, что формирование кода-номера осуществляется одновременно для элементов нижнего и элементов дифференцированного верхнего динамических диапазонов. Тогда элементами ПНПЧ могут одновременно быть как элементы в исходном неравновесном динамическом пространстве, соответствующем нижнему перфорированному уровню, так и элементы в дифференциальном неравновесном пространстве, соответствующем верхнему перфорированному уровню.

Для обеспечения равномерной длины кодовых комбинаций предлагается формировать неравномерные перфорированные неравновесные позиционные числа. В этом случае длина ПНПЧ, т.е. количество содержащихся в нем элементов, будет зависеть от длины  $L$  кодового слова. Значит необходимо определить длину и содержание ПНП числа.

В тоже время этого не достаточно для обеспечения взаимодозначности восстановления ПНПЧ на приемной стороне. Это связано с тем, что без использования дополнительной информации отсутствует возможность оценить количество и позиции отобранных элементов массива ДП. Поэтому требуется осуществлять выполнение условий равномерности кодовых слов и исключения вариантов их переполнения на основе имеющейся служебной информации. Для этого предлагается использовать значения динамических диапазонов элементов ПНПЧ. Выбор данного подхода базируется на том, что значение кода-номера ПНПЧ будет ограничено величиной накопленного произведения оснований его элементов, т.е.:  $C(\eta; q) \leq G(\eta; q) - 1$ . В этом случае создаются условия для взаимодозначного восстановления на приемной стороне без использования дополнительной служебной информации, т.е.

$$2^L - G(\eta; q) = \min_{\tau \in \Psi} \{ 2^L - G(\tau; q) \}, \quad (1)$$

$$[\log_2 G(\eta; q)] + 1 \leq L, \quad (2)$$

где  $G(\eta; q)$  – значение накопленного произведения оснований элементов ПНПЧ из  $q$  необработанных элементов МДП.

Для формирования кодовых слов равномерной длины и исключения их переполнения на основе соотношений (1) и (2) предлагается проводить рекуррентную обработку в дифференциальном неравновесном позиционном пространстве. Рекуррентная схема позволяет одновременно осуществлять построение ПНПЧ с учетом исключения переполнения кодового слова и формирование его кода-номера. В этом случае проводится поэлементная проверка элементов  $h''_{k\ell}$  на возможность добавления их к текущему ПНПЧ. Правило отбора заключается

в проверке условия переполнения кодового слова. Значение кода-номера вычисляется по мере добавления очередного элемента к текущему ПНП числу. Процесс рекуррентного кодирования ПНПЧ осуществляется по строкам и состоит из следующих этапов:

На первом этапе осуществляется проверка неравенства

$$G_1^{(\beta)} = \begin{cases} d_{k\ell}^{(0)} = d_{k\ell} \leq 2^L, \rightarrow d_{k\ell} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ d_{k\ell}^{(1)} = s_{k\ell} \leq 2^L, \rightarrow d_{k\ell} > K(h')_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (3)$$

где  $G_1^{(\beta)}$  – значение проверочного показателя для одного элемента  $\beta$ -го ПНПЧ.

Если неравенство выполняется, то текущий элемент массива дифференциального представления является первым элементом ПНП числа. Текущее значение кода-номера с учетом лексикографического правила определяется как

$$C_1^{(\beta)} = \begin{cases} h_{k\ell}^{(0)}, \rightarrow d_{k\ell} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ \bar{h}_{k\ell}^{(1)}, \rightarrow d_{k\ell} > K(h')_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $C_1^{(\beta)}$  – значение  $\beta$ -го кода-номера, состоящего из одного элемента ПНПЧ.

После чего процесс формирования  $\beta$ -го ПНПЧ и его кода-номера продолжается.

Второй этап связан с проверкой неравенства для определения возможности добавления к текущему ПНП числу элемента  $h''_{k,\ell+1}$ :

$$G_2^{(\beta)} = \begin{cases} d_{k,\ell+1} G_1^{(\beta)} \leq 2^L, \rightarrow d_{k,\ell+1} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ s_{k,\ell+1} G_1^{(\beta)} \leq 2^L, \rightarrow d_{k,\ell+1} > K(h')_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $G_2^{(\beta)}$  – значение проверочного показателя для двух элементов  $\beta$ -го ПНПЧ.

В случае выполнения условия количество элементов в текущем ПНПЧ увеличивается на единицу. Проводится переход на проверку очередного элемента, а текущее значение кода-номера будет равно

$$C_2^{(\beta)} = \begin{cases} C_1^{(\beta)} d_{k,\ell+1} + h_{k,\ell+1}^{(0)}, \rightarrow d_{k,\ell+1} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ C_1^{(\beta)} d_{k,\ell+1} + \bar{h}_{k,\ell+1}^{(1)}, \rightarrow d_{k,\ell+1} > K(h')_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (6)$$

где  $G_2^{(\beta)}$  – значение  $\beta$ -го кода-номера, состоящего из двух элементов ПНПЧ.

Если неравенство не выполняется, то организуется его проверка для очередного элемента МДП на позиции с координатами  $(k; \ell + 2)$  (т.е. следующего в строке после элемента на позиции  $(k; \ell + 1)$ ):

$$G_2^{(\beta)} = \begin{cases} d_{k,\ell+2} G_1^{(\beta)} \leq 2^L, \rightarrow d_{k,\ell+2} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ s_{k,\ell+2} G_1^{(\beta)} \leq 2^L, \rightarrow d_{k,\ell+2} > K(h')_{\text{пор}}. \end{cases} \quad (7)$$

Выполнение неравенства позволяет перейти к рекуррентному формированию значения кода-номера и продолжить процесс обработки массива ДП. В противном случае проверка неравенства организуется для очередного элемента МДП, вплоть до последнего элемента. Если после обработки последнего элемента массива ДП неравенство не выполняется, то процесс формирования текущего ПНПЧ считается завершенным, а его значение кода-номера будет равно значению кода-номера, вычисленного на предыдущем этапе обработки.

Отсюда можно заключить, что выражения (3)–(7) позволяют на основе рекуррентной схемы вычислить код-номер для ПНП числа с учетом формирования кодовых слов равномерной длины и исключения их переполнения. Процесс формирования кодов-номеров ПНПЧ заканчивается, после того как обработаны все элементы массива дифференциального представления фрагмента изображения.

#### Оценка эффективности созданной технологии компрессии видовых изображений

Рассмотрим сравнительную оценку методов компактного представления по величине  $k_{\text{сж}}$ . Зависимость величины  $k_{\text{сж}}$  от класса обрабатываемых изображений для пикового отношения сигнал/шум  $h=35\text{дБ}$  представлены на рис. 1.

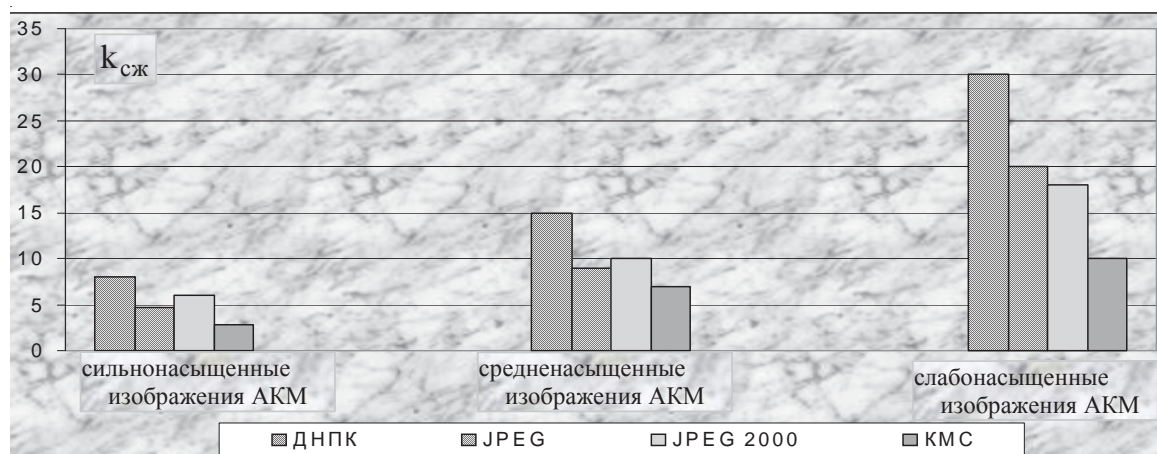


Рис. 1. Зависимость  $k_{\text{сж}}$  от степени насыщенности изображений

Из анализа диаграмм на рис. 1, можно заключить, что для разработанного метода на основе неравновесного позиционного кодирования перфорированных массивов дифференциального представления изображений для пикового отношения сигнал/шум на уровне 35 дБ вытекает следующее:

- 1) коэффициент сжатия изменяется в среднем от 8 до 30 раз в зависимости от насыщенности изображений аэрокосмического мониторинга (АКМ);
- 2) в зависимости от класса обрабатываемых изображений обеспечивается выигрыш по степени компрессии относительно: методов формата JPEG в среднем от 30 % до 50 %; методов формата JPEG 2000 в среднем от 20 % до 45 %.

Сравнительная оценка по времени передачи сжатых данных для различных

методов компресии по времени  $T(W_{сж})$  передачи сжатых видеоданных с борта приведена на рис. 2. Объемы изображений, обрабатываемые на борту, равны  $W=800 \times 600 \times 24=11$  Мбит. Режим контроля качества воспроизводимых изображений соответствует уровню ПОСШ 40 дБ. Передачи данных осуществляются по каналам связи со скоростью, равной  $U_{п} = 512$ Кбит/с.

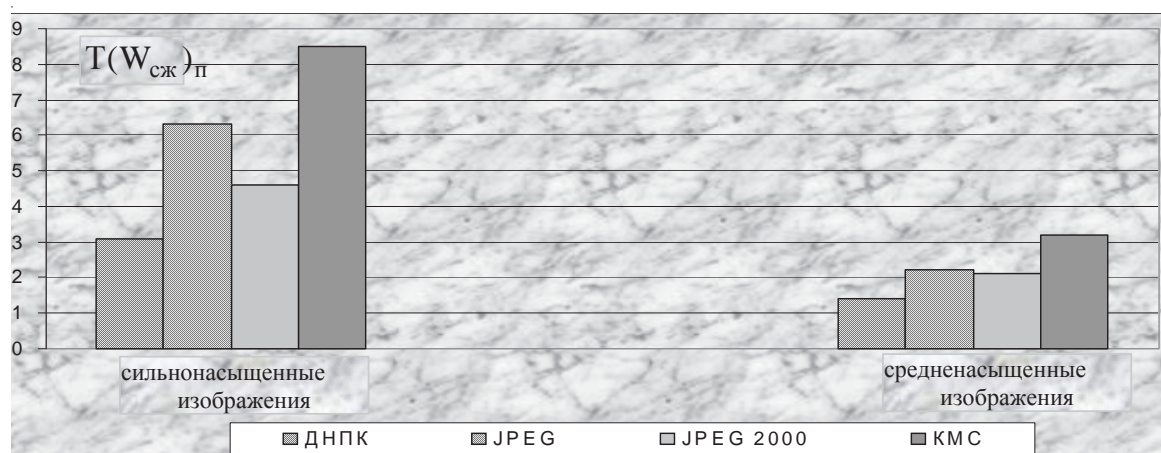


Рис. 2. Диаграммы зависимости величины  $T(W_{сж})_{п}$  от класса обрабатываемых изображений

Анализ диаграмм, приведенных на рис. 2, позволяет сделать следующие выводы:

1) передача по каналам связи видеоданных, сжатых на основе разработанного метода, осуществляется в режиме реального времени (на уровне 1 сек.) в случае: для объемов видеоданных  $W=800 \times 600 \times 24=11$  Мбит для скорости передачи с борта не ниже  $U_{п} = 512$  Кбит/с;

2) усредненный по различным классам изображений аэрокосмического мониторинга выигрыш по времени передачи для разработанного метода относительно существующих в среднем равен 1,3 раза, что обусловлено дополнительным увеличением степени сжатия.

### Выводы

1. Построена технология обработки изображений для бортовых комплексов аэрокосмического мониторинга. Базовой компонентой созданной технологии является рекуррентное кодирование неравновесных перфорированных позиционных чисел, учитывающее, что: формирование кода осуществляется одновременно для элементов нижнего и элементов дифференцированного верхнего динамических диапазонов; код формируется для ПНПЧ неравномерной длины, это позволяет строить кодовые комбинации равномерной длины.

2. Устранение избыточности осуществляется на основе учета следующих структурных особенностей изображений, а именно: корреляции между соседними элементами изображения; когерентности элементов в столбцах фрагментов изображения; ограниченного количества резких перепадов для фрагментов изображений.

3. Для разработанной технологии в зависимости от класса обрабатываемых изображений обеспечивается выигрыш по степени компрессии относительно: методов формата JPEG в среднем от 30 % до 50 %; методов формата JPEG 2000 в среднем от 20 % до 45 %.

4. Усредненный по различным классам изображений аэрокосмического мониторинга выигрыш по времени передачи для разработанного метода относительно существующих равен в среднем 1,3 раза.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1073 с.
2. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах : монография / В.В. Баранник, В.П. Поляков, Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.
3. *Красноруцкий А.А.* Дифференциальное кодирование низкочастотных составляющих / А.А. Красноруцкий // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи* – 2007. – № 3 (22). – С. 19–22.
4. *Шинкарев В.В.* Методология формирования технологии компрессии дифференцированных изображений / В.В. Шинкарев // *Сучасна спеціальна техніка*. – 2009. – № 4. – С. 45–54.
5. *Баранник В.В.* Неравновесное позиционное кодирование дифференцированных изображений в инфокоммуникационных сетях / В.В. Баранник, Б.В. Остроумов, В.В. Шинкарев // *Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.*, 2009. – Вып. 159. – С. 269–273.

Отримано 22.10.2012