

УДК 567.456

А.Ю. Школьник

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ КОМПРЕССИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В статье проводится сравнение известных методов и предложенного метода сжатия изображений с потерей качества по степени сжатия видеоданных в системах аэрокосмического мониторинга. Для предложенного метода излагаются этапы разработки модели для оценки коэффициента сжатия, по результатам обработки фрагментов изображения. Выявляется зависимость степени сжатия от параметров изображений. Излагаются результаты экспериментальной оценки уровня сжатия в зависимости от класса изображений.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, степень компрессии.

У статті проводиться порівняння відомих методів і запропонованого методу стиску зображень із втратою якості за ступенем стиснення відеоданих в системах аерокосмічного моніторингу. Для запропонованого методу викладено етапи розробки моделі для оцінки коефіцієнта стиснення, за результатами обробки фрагментів зображення. Виявляється залежність ступеня компресії від параметрів зображень. Викладено результати експериментальної оцінки рівня стиску залежно від класу зображень.

Ключові слова: аерокосмічний моніторинг, ступінь компресії.

In the paper a comparison of the known methods and of an offered method of a compression of images is made with the loss of the quality on the degree of compression of videoinformation in the systems of the aerospace monitoring. For the offered method are stated the stages of the development of model the for an estimation of aspect ratio, according to the results treatment of the fragments of image. The dependence of the degree of compression on the parameters of images is revealed. The results of an experimental estimation of the level of compression are stated depending on the class of images.

Keywords: aerospace monitoring, degree of compression.

Введение

Предоставление информационных услуг с использованием систем аэромониторинга связано с необходимостью обработки и передачи больших информационных массивов данных. При этом требуется обеспечить необходимые характеристики по системе QoS [1; 2]. Это касается учета особенностей режима передачи видеотрафика в реальном времени (режим живой трансляции видео). В первую очередь, это средняя задержка, вероятность потери пакетов на узлах коммутации сети, джиттер. Реализации таких показателей способствуют технологии компрессии видеоизображений.

Однако характеристики бортовых систем аэромониторинга настолько отстают от современных требований относительно информативности снимков, что

происходят значительные задержки по передаче изображений. Здесь также необходимо учитывать требования относительно снижения сложности реализации кодеков на борту [2]. В условиях достижения выдвинутых требований в работах [2–4] изложен метод сжатия изображений ограниченной сложности. Метод основан на выявлении апертурных характеристик с последующим формированием обобщенной кодовой конструкции по битовой схеме. Поэтому представляется практически необходимым создание метода оценки компрессионных характеристик такой технологии. Это определяет *цель исследований* статьи.

Построение метода для оценка степени сжатия

Эффективность технологий сжатия изображений с ограниченной потерей качества определяется коэффициентом компрессии $k_{сж}$, количеством операций на обработку (сжатие $v(V)_{сж}$ и восстановление $v(V)_в$) и пиковым отношением сигнал/шум. Здесь V – количество элементов в изображений, т.е. $V = Z_{стр} \times Z_{стб}$, где $Z_{стр}$, $Z_{стб}$ – соответственно количество строк и столбцов в кадре.

В общем случае данные характеристики зависят как от особенностей реализации методов сжатия, так и от классов изображений. Классификация изображений осуществляется в зависимости от степени их насыщенности мелкими деталями. Для этого используется такой параметр как степень корреляции между соседними элементами. С возрастанием степени насыщенности, т.е. с понижением коэффициента корреляции, сокращается количество содержащейся в изображениях избыточности. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению степени сжатия, которое может быть достигнуто в результате использования метода компрессии.

$(\ell)_\xi$ Характеристики степени сжатия и количества операций на обработку, в свою очередь, влияют на такие показатели как, соответственно, время $T(W_{сж})_{пер}$ передачи сжатых видеоданных по каналам связи и время на их обработку, $T_{сж}$ и $T_в$. С другой стороны, временные характеристики зависят от скорости U_k передачи по каналу связи, быстродействия U_6 вычислительного комплекса, оцениваемого как количество машинных операций за одну секунду.

Рассмотрим оценку коэффициента сжатия $k_{сж}^{(ок)}$, обеспечиваемого в процессе сжатия для разработанного метода на базе формирования обобщенных кодовых конструкций для кодограмм аппроксимирующих составляющих фрагмента изображения. Обобщенная кодовая комбинация включает в себя:

- кодограмму строки массива построочно-масштабирующей составляющей, содержащей значение кода $E(h)_u$ позиционного числа с неравными соседними элементами. Длина кодограммы равна $D(h)_u$ бит;

- сегмент кодограммы строки координатно-структурной составляющей, содержащей кодовое значение $E(\ell)_\xi$ дифференциального позиционного числа с локально-равномерным основанием. Длина сегмента равна $\Delta_u D(\ell)_\xi$.

Отсюда длина ОК, равная $D_{пес}$ бит, строится на базе двух двоичных составляющих $D(h)_u$ и $\Delta_u D(\ell)_\xi$. Обозначим количество сегментов, на которые разбивается кодограмма строки координатно-структурной составляющей как U ,

тогда получим $D(\ell)_\xi = \bigcup_{u=1}^U \Delta_u D(\ell)_\xi$, где $D(\ell)_\xi$ – длина кодограммы, содержащей значение кода $E(\ell)_\xi$ для ξ -го дифференциального позиционного числа с локально-равномерным основанием; $\Delta_u D(\ell)_\xi$ – длина u -го сегмента.

Длина $D(\ell)_\xi$ кодограммы находится на базе основания $w(\ell)_\xi$ для элементов ξ -го ДПЧ по формуле $D(\ell)_\xi = [n \log_2(w(\ell)_\xi - 1)] + 1$ (бит). Длина $D(h)_u$ для u -й базовой кодограммы определяется по основанию $w(h)$ ПЧНСЭ как $D(h)_u = [n \log_2(w(h) - 1)] + 1$ (бит).

Если в процессе формирования очередной обобщенной кодовой комбинации в соответствующем массиве координатно-структурной составляющей не осталось необработанных элементов, т.е. все кодограммы были в результате сегментирования распределены по базовым кодограммам, то ее длина определяется из расчета заданной длины, равной $D_{\text{нec}}$ бит.

Таким образом, для фрагмента изображения, представленного массивами построчно-масштабирующего и координатно-структурного количества $v_{\text{ок}}$ обобщенных кодовых комбинаций, будет равно количеству базовых кодограмм. В свою очередь, количество базовых кодограмм определяется количеством строк в массиве $\Delta H_{m,n}^{(v)}$ и равно $v_{\text{ок}} = m$.

Поэтому суммарная длина $D_{\text{и}}$ информационной части сжатого представления фрагмента изображения будет равна $D_{\text{и}} = m D_{\text{нec}}$ (бит). При этом для формирования информационной части представления фрагмента изображения на основе разработанного подхода требуется затратить следующие служебные данные:

- 1) одно основание $w(h)$ для формирования базовых кодограмм;
- 2) n оснований $w(\ell)_\xi$, $\xi = 1, n$ для формирования распределяемых кодограмм.

Значение основания $w(h)$ находится как максимальный динамический диапазон элементов построчно-масштабирующей составляющей, т.е.

$$w(h) = \max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} \{h_{i,j}\} + 1.$$

Поэтому на представления значения основания отводится $\log_2 U_i^{(\text{кв})}$ бит – количество разрядов на элемент ПЗС-матрицы $d(h) = \log_2 U_i^{(\text{кв})}$ (бит).

Основание $w(\ell)_\xi$ определяется динамическим диапазоном элементов массива координатно-структурной составляющей, т.е.

$$w(\ell)_\xi = \ell_{\xi, \max} - \ell_{\min} + 1,$$

где $\ell_{\xi, \max}$ – максимальное значение в ξ -й строки массива $L_{m,n}^{(v)}$, определяемой как, $\ell_{\xi, \max} = \max_{1 \leq j \leq n} \{\ell_{\xi, j}\}$; $\ell_{\min}$ – минимальное значение в массиве $L_{m,n}^{(v)}$ КС

составляющей, которое находится как, $\ell_{\min} = \min_{\substack{1 \leq j \leq n \\ 1 \leq i \leq m}} \{\ell_{i,j}\}$.

Отсюда количество $d(\ell)$ разрядов на представление одного основания дифференциального позиционного числа будет равно $d(\ell) = \log_2 \ell_{\max}$ (бит). В

сумме $d(\ell)^{(m)}$ на представление всех оснований массива координатно-структурной составляющей необходимо затратить

$$d(\ell)^{(m)} = m \log_2 \ell_{\max} + \log_2 \ell_{\min} \text{ (бит)},$$

где $\log_2 \ell_{\min}$ – количество разрядов на представление минимального значения в массиве координатно-структурной составляющей.

Тогда суммарное количество D_c двоичных разрядов на представление служебных данных, формируемых при обработке одного фрагмента изображения будет равно $D_c = \log_2 U_i^{(KB)} + m \log_2 \ell_{\max} + \log_2 \ell_{\min}$ (бит).

Суммарное количество D_Σ двоичных разрядов на сжатое представление фрагмента изображения, включая информационную и служебную части, будет равно $D_\Sigma = m D_{\text{нec}} + \log_2 U_i^{(KB)} + m \log_2 \ell_{\max} + \log_2 \ell_{\min}$.

Исходный объем w фрагмента изображения определяется из условия суммирования всех длин апертур, которые были для него получены, т.е.

$$w = \log_2 U_i^{(KB)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ell_{i,j}, \text{ (бит)}, \text{ где } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ell_{i,j} - \text{количество элементов в исходном}$$

фрагменте, для которого был получен массив координатно-структурной составляющей; m, n – соответственно количество строк и столбцов в массиве координатно-структурной составляющей.

С учетом этого коэффициент сжатия будет определяться следующим соотношением:

$$k_{\text{сж}}^{(\text{ок})} = \frac{\log_2 U_i^{(KB)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ell_{i,j}}{m D_{\text{нec}} + \log_2 U_i^{(KB)} + m \log_2 \ell_{\max} + \log_2 \ell_{\min}}.$$

Данное выражение показывает, что степень сжатия будет увеличиваться с возрастанием длины апертуры, т.е. количества элементов исходного фрагмента, заменяемого одним числом, и достигается в значительной мере в результате распределения кодограмм строк массива координатно-структурной составляющей по базовым кодограммам построчно-масштабирующих составляющих.

Оценка компрессионных характеристик

Сравнительная оценка известных и разработанного методов сжатия с потерей качества по степени компактного представления рассматривается на рис. 1. Сравнение проводилось методами JPEG, JPEG2000 и гибридным методом (ГМ), изложенным в работе [1]. Это обосновано тем, что данные методы работают в режиме потери качества восстановленных изображений. Гибридный метод сжатия также использует предварительное выявление аппроксимируемых элементов изображения.

В результате этого можно заключить, что: степень сжатия для сильнонасыщенных изображений достигает 7 раз, а для средненасыщенных изображений – до 10 раз; степень сжатия для предложенного метода превышает степень сжатия

известных методов с потерей качества в среднем на 10% для пикового отношения сигнал/шум на уровне 55 дБ; степень сжатия для разработанного метода находится на одном уровне в случае обработки сильнонасыщенных изображений со степенью искажений соответствующей пиковому отношению сигнал/шум 40 дБ.

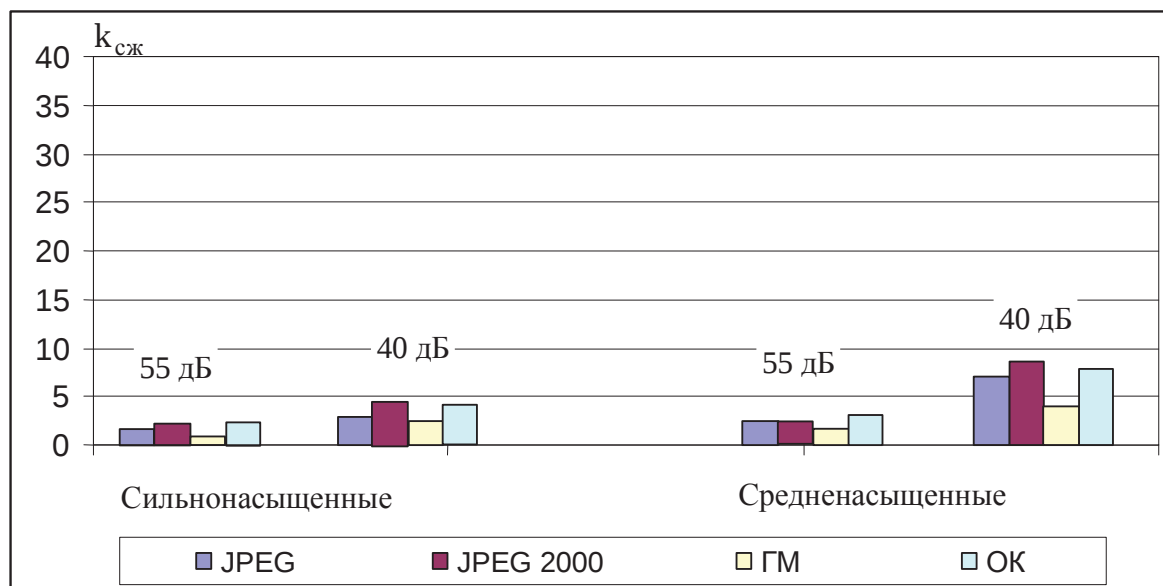


Рис. 4.1. Зависимость $k_{сж}$ для разных методов от класса обрабатываемого изображения

Отсюда можно заключить, что предложенный метод обеспечивает степени сжатия относительно известных методов в режиме потери качества на одном уровне.

Выводы

Для предложенного метода сжатия на основе формирования обобщенных кодовых комбинаций и предварительного выявления апертур в режиме потери качества степень компрессии для сильнонасыщенных изображений достигает 7 раз, а для средненасыщенных изображений – до 10 раз. Максимальный уровень сжатия достигается для изображений с низкой концентрацией деталей. Степень сжатия для предложенного метода превышает степень сжатия известных методов с потерей качества в среднем на 10 % для пикового отношения сигнал/шум на уровне 55 дБ. Коэффициент сжатия для разработанного метода находится на одном уровне в случае обработки сильнонасыщенных изображений со степенью искажений, соответствующей пиковому отношению сигнал/шум 40 дБ. Предложенный метод обеспечивает степени сжатия относительно известных методов в режиме потери качества на одном уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. – Москва : Техносфера, 2004. – 368 с.
2. Баранник В.В. Позиционное структурно-весовое кодирование бинарного представления трансформант / В.В. Баранник, А.В. Хаханова, А.А. Красноруцкий // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2011. – № 157. – С. 23–28.

3. Школьник А.Ю. Способ кодирования построчно-масштабирующей составляющей фрагмента изображения / А.Ю. Школьник, А.Н. Додух // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 2. – С. 32–38.

4. Школьник А.Ю. Обоснование двухкомпонентного подхода сжатия видеоданных в информационно-телекоммуникационных системах / А.Ю. Школьник, А.К. Юдин, Н.А. Королева // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2012. – № 4. – С. 23–28.

Отримано 24.10.2013.