

МЕТОД ЦВЕТРАЗНОСТНОГО СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

к.т.н. В.В. Баранник, Д.В. Гринёв
(представил проф. А.В. Королёв)

Выявляется наличие в цветоразностном представлении изображений структурной избыточности. Разрабатывается метод сжатия изображений на основе формирования массива апертур и последующего комбинированного кодирования. Проводится сравнительная оценка разработанного метода с существующими методами.

Введение. Одними из наиболее емких источников являются источники изображений. При этом многие изображения содержат большое количество избыточности. Количество избыточности в изображениях будет различным для разных моделей представления их в цифровом виде (R G B; Y Cr Cb; Y U V). Одной из наиболее избыточных моделей является цветоразностная модель Y Cr Cb [1, 2]. Однако, в существующих методах, использующих модель Y Cr Cb, сжатие достигается в основном за счет устранения статистической избыточности. Для устранения статистической избыточности разработано большое количество методов сжатия, например, адаптивный код Хаффмана-Галлагера, арифметические коды и адаптивные коды Зива [1, 3]. При этом статистические методы обеспечивают степень сжатия изображений, в среднем не превышающую 2,5 раз. Такая степень сжатия не обеспечивает решение многих практических задач в реальном времени. Поэтому для повышения степени сжатия изображений необходимо разработать методы, исключаящие не только статистическую избыточность, а и избыточность другой физической природы [4, 5].

Постановка задачи. Для снижения времени доведения видеoinформации необходимо разработать метод цветоразностного сжатия изображений на основе устранения структурной избыточности.

Обоснование. Переход от цветовой модели RGB к YCrCb осуществляется по следующим формулам [1, 2]:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B;$$
$$Cr = (R - Y) 0.713 + 128; \quad Cb = (B - Y) 0.564 + 128.$$

Из анализа формул видно, что цветовые составляющие Cr и Cb находят вычитанием яркостной компоненты Y и умножаются на весовой цветоразностный коэффициент, меньший единицы. Вследствие этого для фрагментов

изображений, у которых площадь плавно изменяющихся значений превышает площадь сильно насыщенных деталей, существенно сужается диапазон изменения цветовых координат. При этом для слабо насыщенных изображений динамический диапазон будет сужаться в большей степени, чем для сильно насыщенных изображений. В этом случае разница между соседними элементами цветоразностных плоскостей может измеряться десятными долями. Следовательно, повышается количество элементов, отличающихся от соседних элементов меньше чем на 1. В связи с этим, для участков изображения, имеющих плавный цветовой переход, будет характерно существенное увеличение длины последовательности элементов с одинаковой цветовой координатой (апертура). Поскольку разные фрагменты реалистического изображения имеют различную степень насыщенности мелкими деталями, то значения длин апертур для этих фрагментов будут неравномерными. Отсюда следует, что массивы длин апертур имеют структурную избыточность, обусловленную неравномерным динамическим диапазоном. В тоже время массивы цветовых координат, полученных для плоскостей Cг Cб, будут характеризоваться ограниченным динамическим диапазоном. Для устранения указанных видов избыточности предлагается проводить полиадическое кодирование.

Разработка метода цветоразностного сжатия изображений. Предлагается осуществлять сжатие изображений на основе устранения структурной избыточности, вызванной наличием областей одного цвета, а также ограниченным значением динамического диапазона элементов цветоразностной модели (ЦРМ). Процесс сжатия состоит из следующих этапов:

Этап 1. Преобразование из RGB представления в YCrCb [1, 2].

Этап 2. Все плоскости ЦРМ разбиваются на фрагменты равных размеров, для которых формируются массивы цветовых координат и длин апертур

$$\begin{cases} d(\xi)_{ij} = \xi_{ij}, & \text{если } \xi_{i,j-1} \neq \xi_{ij}; \\ \ell_{i,j-\zeta-1} = \zeta + 1, & \text{если } \xi_{i,j-1} = \xi_{ij} \text{ и } \xi_{i,j-1} = \xi_{i,j-\zeta-1}; \\ \ell_{i,j-1} = 1, & \text{если } \xi_{i,j-2} = \xi_{i,j-1} = \xi_{i,j}, \end{cases}$$

где $d(\xi)_{ij}$ – ij-й элемент массива цветовых координат; ξ_{ij} – ij-й элемент ξ -й плоскости ЦРМ, $\xi = \{y, cr, cb\}$; $\xi_{i,j-1}$ – элемент, стоящий в строке слева от элемента ξ_{ij} ; $\ell(\xi)_{ij}$ – ij-й элемент массива длин апертур; ζ – величина разницы между значениями индексов начального и последнего элементов в апертуре; ℓ_{\max} – заранее установленное максимальное значение длины апертуры.

На этом этапе выделяются структурные однородности плоскостей ЦРМ.

Этап 3. Для сформированных массивов цветовых координат и длин апертур проводится скользящее полиадическое кодирование [4, 5]. Перед

началом кодирования необходимо для каждого массива провести разметку. Суть разметки заключается в том, что по правилу, задаваемому выражением

$$\prod_{\gamma=1}^{Z_m} \prod_{u=1}^{Z_n} \omega(\xi)_{\gamma u} \leq 2^M - 1$$

отбираются элементы, для которых присваивается общий код. В данном случае $\omega(\xi)_{\gamma u}$ – основание обобщенного полиадического числа; $Z_m \times Z_n$ – выборочное количество элементов из обрабатываемого массива длин серий; m, n – соответственно количество строк и столбцов в обрабатываемых массивах, γ – индекс строки, u – индекс столбца. Это позволяет избежать потери информации и повысить приспособляемость обработки к различному структурному содержанию массивов цветовых координат и длин апертур. Процесс скользящего кодирования для отобранных элементов определяется формулами:

$$N(\ell)_{Z_m \times Z_n}^{(\xi)} = \sum_{i=1}^{Z_m} \sum_{j=1}^{Z_n} \ell(\xi)_{ij} h(\xi)_{ij}; \quad N(d)_{Z_m \times Z_n}^{(\xi)} = \sum_{i=1}^{Z_m} \sum_{j=1}^{Z_n} d(\xi)_{ij} g(\xi)_{ij},$$

где $N(\ell)_{Z_m \times Z_n}^{(\xi)}$, $N(d)_{Z_m \times Z_n}^{(\xi)}$ – полиадические коды, вычисленные для отобранных элементов соответственно массива длин апертур и массива цветовых координат в ξ -й плоскости ЦРМ; $h(\xi)_{ij}$, $g(\xi)_{ij}$ – весовые коэффициенты для ij -го элемента.

В результате выполнения этого этапа исключается структурная избыточность в массивах цветовых координат и массивах длин апертур. В первом случае избыточность обусловлена ограниченным и неравномерным динамическим диапазоном цветовых координат, а во втором – определяется различной степенью структурной однородности в различных частях плоскостей ЦРМ.

Экспериментальная оценка степени сжатия изображений. Для сравнения использовались методы статистического кодирования ЦРМИ (M1) [1, 2, 6], а также методы скользящего полиадического для RGB (M2) и YCrCb (M3) представления изображений. При этом экспериментальной обработке подвергались изображения с различной степенью насыщенности мелкими деталями. Результаты эксперимента представлены в табл. 1, из анализа которой следует, что величина коэффициента сжатия для разработанного метода превышает значения коэффициентов сжатия для методов, исключающих статистическую избыточность от 2 до 22 раз, и принимает значения от 2,9 до 33,5 раз в зависимости от степени насыщенности изображений мелкими деталями; за счет перехода от RGB к YCrCb значение

коэффициента сжатия дополнительно увеличивается от 30 до 122 % в зависимости от степени цветового перепада.

Таблица 1

Значения коэффициентов сжатия

Метод \ Ст. насыщ.	$p \leq 0,1$	$0,1 < p \leq 0,25$	$0,25 < p \leq 0,4$	$p > 0,4$
M1	1,5	1,35	1,2	1,1
M2	15	3,2	2,3	2,1
M3	33,5	6,1	3,1	2,9

Выводы. 1. Выявлено наличие в цветоразностном представлении изображений структурной избыточности, вызванной ограниченным значением динамического диапазона.

2. Разработан метод сжатия изображений, включающий в себя перевод RGB модели в цветоразностную модель Y Cг Cб представления изображений в цифровом виде; формирование для каждой плоскости модели Y Cг Cб массивов апертур и цветовых координат; осуществление скользящего полиадического кодирования массивов цветовых координат и апертур.

3. В результате сокращения структурной избыточности достигается дополнительный выигрыш в степени сжатия относительно методов, устраняющих статистическую избыточность в среднем от 2 до 22 раз. При этом степень сжатия различных классов изображений без потери качества находится в диапазоне от 2,9 до 33,5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватолин В., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 790 с.
3. Зив Дж. Алгоритм универсального сжатия данных // Проблемы передачи информации. – 1996. – № 2. – С. 47 – 55.
4. Баранник В.В., Королёва Н.А. Организация массивов длин серий для полиадического кодирования // ИУСЖТ. – 2001. – № 4. – С. 20 – 23.
5. Королёв А.В., Баранник В.В., Гиневский А.М. Метод кодирования массивов цветовых координат и длин серий // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 1(17). – С. 3 – 15.
6. Стрюк А.Ю., Бохан К.О. Цветовые модели в системах сжатия видеoinформации // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 1. – С. 23 – 25.

Поступила 1.07.2003

БАРАННИК Владимир Викторович, канд. техн. наук, ст. научный сотр. ИВЦ ХВУ. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.

ГРИНЁВ Денис Валерьевич, научный сотрудник ИВЦ ХВУ. В 1996 году окончил

XVУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.