

**Иванов В.Г.**

*доктор технических наук, профессор,  
Национальный юридический университет  
имени Ярослава Мудрого*

## **МОДИФИКАЦИЯ БАЗОВЫХ АЛГОРИТМОВ КОМПРЕССИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В JPEG-ФОРМАТЕ**

На сегодняшний день отсутствует адекватная модель описания изображений, которые являются, как правило нестационарными и имеющими сложную содержательную структуру. Поэтому это заставляет более глубоко и детальнее исследовать возможности классических методов обработки, которые бы учитывали как возможности преобразований, так и свойства получателя информации в виде изображений. Так, если в ставшей уже классической схеме JPEG-компрессии, учесть корреляцию одноименных коэффициентов во всех фрагментах изображения и провести обработку косинусных коэффициентов в битовых плоскостях представления данных, то можно несколько повысить степень сжатия и соответственно качество обрабатываемых изображений.

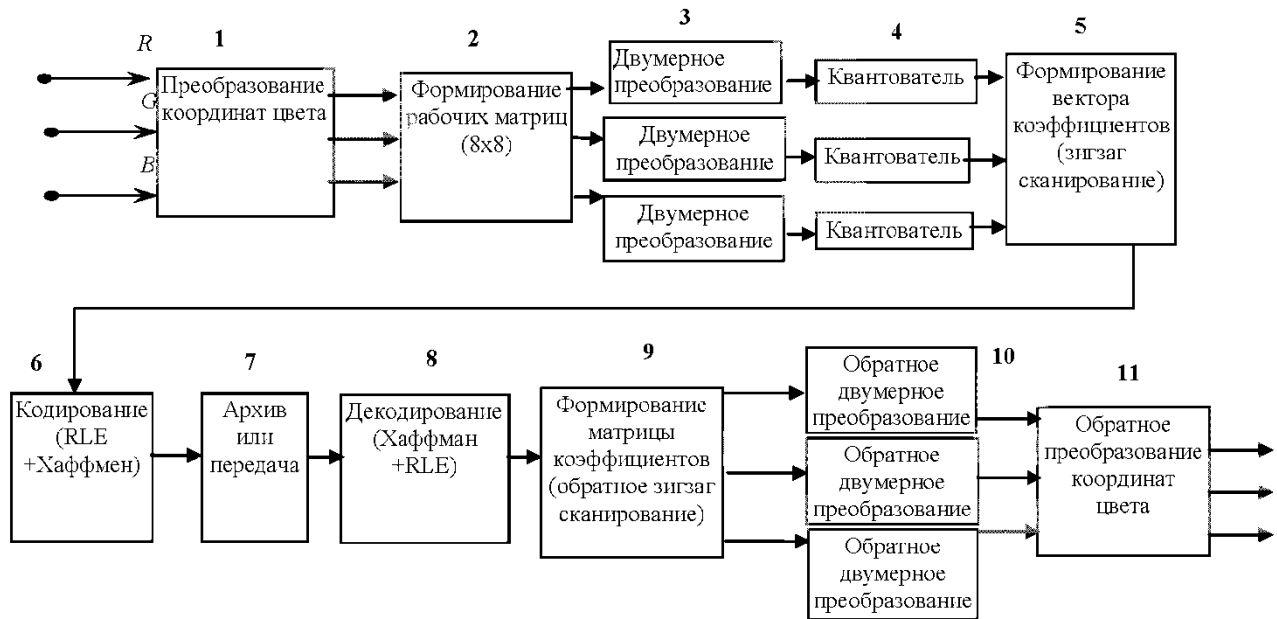
Идея замены одноцветного изображения, как непосредственного объекта кодирования, коэффициентами его двумерного преобразования Фурье известна давно [1]. Изображение подвергается унитарному преобразованию, и полученные в результате коэффициенты преобразования квантуются, кодируются и передаются по каналу связи или записываются в архив. Кодирование цветных изображений на основе обобщенных преобразований Фурье в терминах JPEG-технологий можно представить в виде блок-схемы, изображенной на рис. 1.

В силу того, что преобразования Фурье являются разделимыми, то результат воздействия двумерного унитарного преобразования можно находить в два этапа. Сначала выполняется одномерное преобразование по всем строкам матрицы изображения, а затем – по всем столбцам полученной матрицы.

Ядро одномерного косинусного преобразования для пункта 3 (рис. 1) имеет следующий вид:

$$L_x(0) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum X(m); L_x(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \cos \frac{(2m+1)k\pi}{2N}. \quad (1)$$

В этой формуле  $X(m)$  значение отсчетов в строках соответствующих рабочих матриц, полученных на втором шаге JPEG-технологий,  $L_x(k)$  – коэффициенты дискретного косинусного преобразования, а значения  $m$  и  $k$  изменяются соответственно от 0 до  $N-1$  и от 1 до  $N-1$  с шагом один.

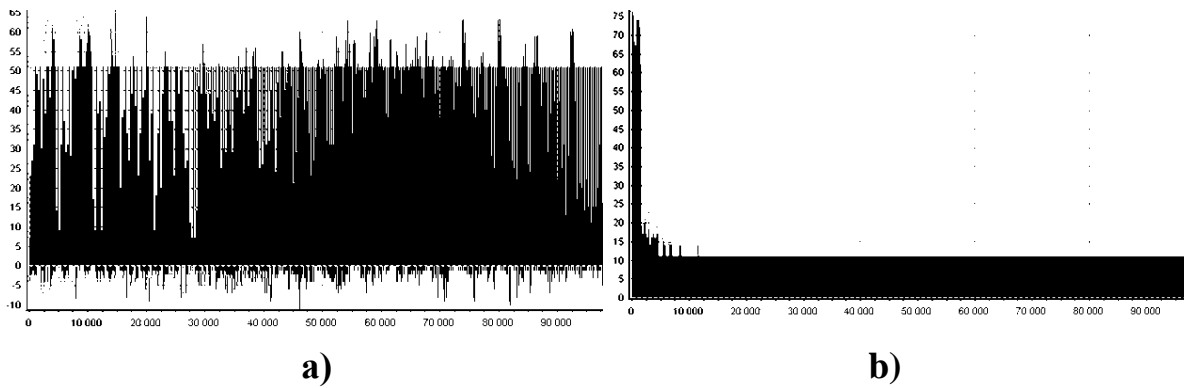


**Рис. 1. Схема кодирования цветных изображений по методу JPEG-технологии**

В случае использования преобразований Хаара для получения коэффициентов использовались формулы, предложенные в работе [2]. На практике, реализация вейвлет-преобразований (пункт 3, рис. 1). сводится к применению биортогональных вейвлет-базисов [1].

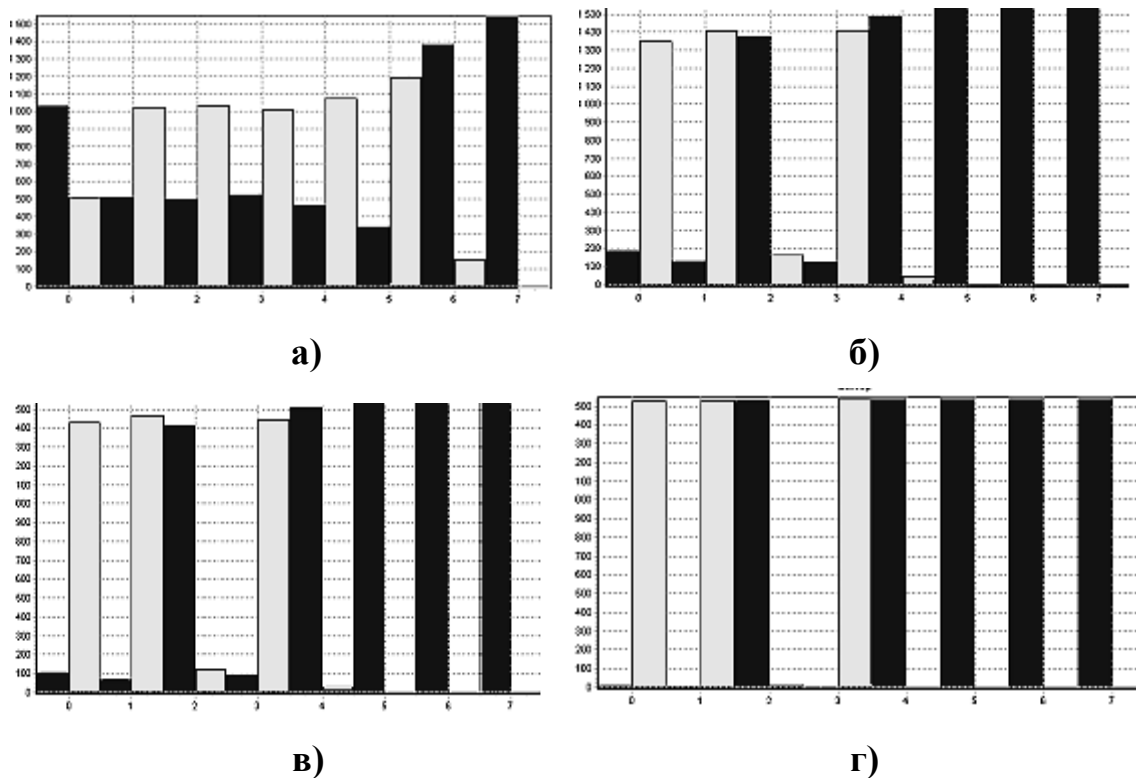
В стандартном алгоритме компрессии, который используется в JPEG-формате, формирование вектора коэффициентов основано на зигзаг-сканировании (Z-сканирование) отсчетов спектра в каждом фрагменте изображения. Такое распределение вектора коэффициентов представлено на рис. 2 (а). Дальнейшая обработка опирается на использование энтропийных методов кодирования.

Очевидно, что при разбиении всего изображения, на фрагменты размерностью 8x8 (пункт 2, рис. 1), можно предположить о существующей корреляционной связи между одноименными коэффициентами смежных фрагментов, которые также имеют сильные статистические зависимости. Данное обстоятельство позволяет сформировать вектор коэффициентов после дискретного косинусного преобразования в каждом фрагменте, теперь уже для всей плоскости изображения, а не в пределах фрагмента размерностью 8x8. Таким образом, вектор коэффициентов, поступающий на следующий этап JPEG-обработки, будет содержать сначала все первые коэффициенты всех фрагментов размерностью 8x8, полученных при Z-сканировании, затем все вторые и т.д., рис. 2 (b).



**Рис. 2. Распределение вектора коэффициентов:**  
**а) при Z-сканировании в каждом фрагменте изображения 8x8;**  
**б) при последовательном отборе одноименных коэффициентов из фрагментов 8x8**

Близость одноименных отсчетов спектра смежных фрагментов изображения позволяет получить последовательность этих отсчетов более гладкой формы рис. 2 (б), а использование битовых плоскостей в представлении данных должно более эффективно отразиться на результате работы методов сжатия без потерь (пункт 6, рис. 1). Поразрядное распределение количества «0» и «1» в векторе коэффициентов, представленного на рис. 2 (б), изображено на рис. 3 (а, б, в, г) (старшие разряды расположены справа, более темный цвет диаграммы отображает количество «0», а более светлый количество «1» в соответствующем разряде).



**Рис. 3. Количественное распределение битовых значений коэффициентов**  
**а) для всех первых коэффициентов матриц 8x8; б) для всех вторых;**  
**в) для всех третьих; г) для всех четвертых**

Динамика изменения количественного распределения битовых значений наглядно иллюстрирует быструю стабилизацию данного процесса, и дальнейшее представление коэффициентов в битовых плоскостях более предпочтительно для последующего энтропийного кодирования обрабатываемого изображения, чем в базовом формате. На рис. 4 приведена зависимость коэффициента сжатия (К сж) от среднеквадратической ошибки (СКО), при использовании различных методов сжатия, для изображения Peppers.bmp, взятого из библиотеки стандартных изображений <http://www.icsl.ucla.edu>. Здесь DCT-JPEG – классическая схема JPEG компрессии с использованием дискретного косинусного преобразования и распределения коэффициентов на рис. 2 а); WAVELETS – использование вейвлет-преобразования изображения (алгоритм Малла). JPEG\* – использование DCT с Z-сканированием одноименных коэффициентов смежных фрагментов размерностью 8x8 и распределением коэффициентов рис 2 б), и использованием значений битовых плоскостей перед энтропийным кодированием (предложенный метод).

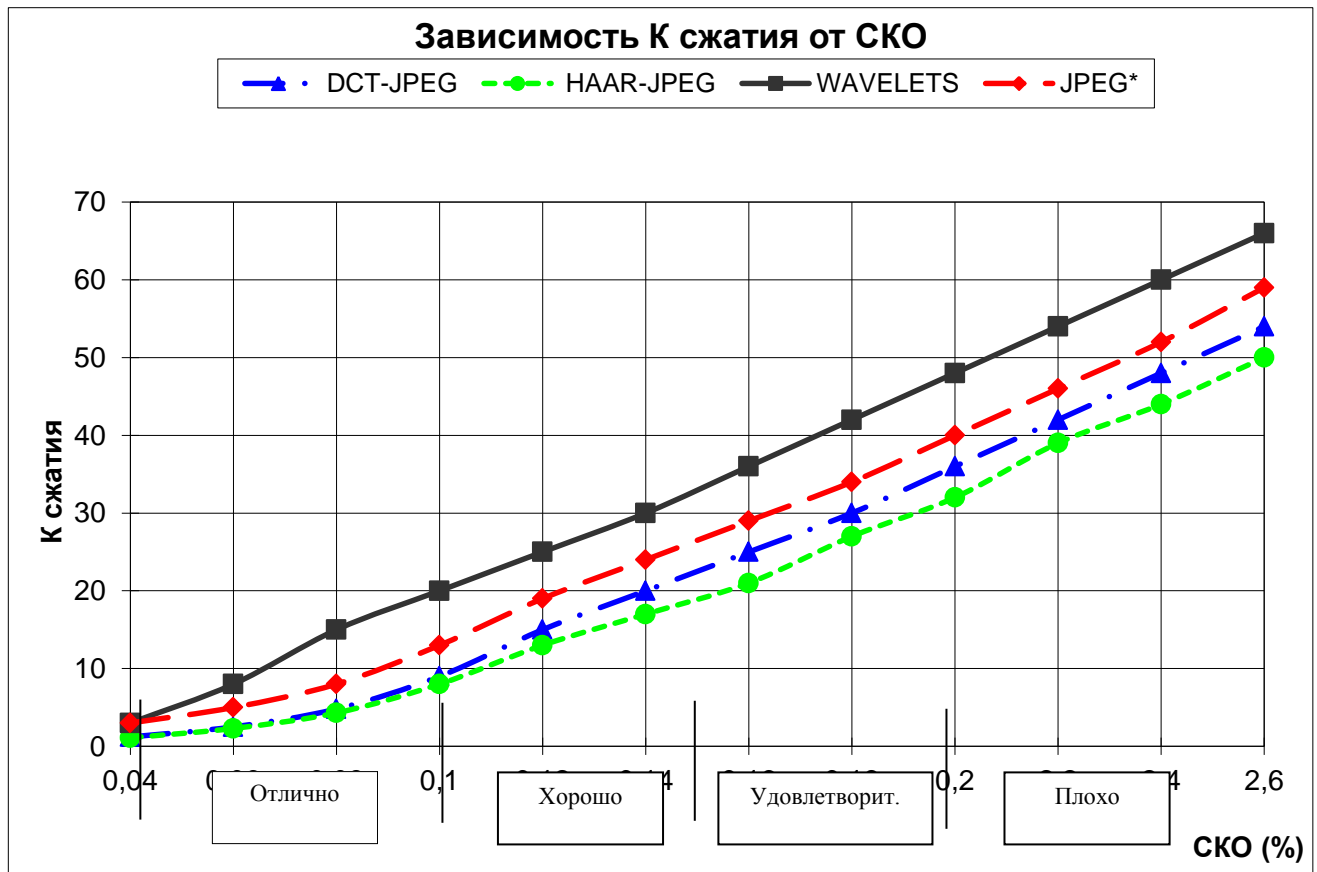


Рис. 4. Зависимость коэффициента сжатия от СКО

Как видно из полученных результатов, подобная модификация классической схемы компрессии, по методу JPEG-технологий, приводит к повышению качества обработки. Так, при хорошем качестве ( $E=0,12$ ) коэффициент сжатия предложенного метода превышает известный приблизительно на 19%-20%.

**Список использованных источников:**

1. Пратт, Кейн, Эндрюс. Кодирование изображений посредством преобразования Адамара. – ТИИЭР, 1969, т. 57, № 1, с. 66-77.
2. Иванов В.Г. и др. Фурье и вейвлет анализ изображений в плоскости JPEG-технологий // Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми управління и информатики». – 2004. – № 5. – С. 111-124.