

УДК 681.3

Д.В.Княгинин (5 курс, каф. ИВСиТ), Ю.И.Гагарин, д.т.н., проф.

## ОБОБЩЕННЫЕ ВЕЙВЛЕТЫ ХААРА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Вейвлет-преобразования нашли широкое применение для сжатия изображений. В последние годы появилось много публикаций, посвященных как описанию алгоритмов самих вейвлет-преобразований, так и разработке технологий компрессии цифровых сигналов на основе вейвлет-преобразований.

Среди большого количества известных базисных вейвлет-функций достаточно частое практическое применение нашли вейвлеты Хаара, связанные с ортогональным в поле вещественных чисел преобразованием Хаара, матрица которого в общем виде может быть получена через блочно-матричную рекурсивную форму [1]:

$$\hat{H}_{2^{n+1} \times 2^{n+1}} = \begin{pmatrix} \hat{H}_{2^n \times 2^n} & \hat{H}_{2^n \times 2^n} \\ 2^{n/2} I_{2^n \times 2^n} & -2^{n/2} I_{2^n \times 2^n} \end{pmatrix}, \quad n = 0, 1, \dots,$$

где  $\hat{H}_{1 \times 1} = 1$ ;  $I_{2^n \times 2^n}$  – единичная матрица размером  $2^n \times 2^n$ .

Наиболее часто используемой для сжатия изображений разновидностью вейвлет-преобразования Хаара являются преобразования, представленные блочной матрицей [2]

$$\theta_{N \times N} = \begin{pmatrix} L_{N/2 \times N} \\ H_{N/2 \times N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{diag} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}} \right\}_{N/2 \times N} \\ \text{diag} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}} \right\}_{N/2 \times N} \end{pmatrix}.$$

Прямоугольными блоками матрицы  $\theta_{N \times N}$  являются матрицы  $L_{N/2 \times N}$  и  $H_{N/2 \times N}$ , с помощью которых могут быть получены низкочастотные и высокочастотные коэффициенты преобразования, соответственно.

Целью исследований являлась разработка технологии сжатия растровых изображений, определение степени влияния типов базисных вейвлет-функций на коэффициент сжатия и качество восстановленного после декодирования изображения.

Для исследования были разработаны программные компрессор и декомпрессор растровых изображений в двух вариантах: с полным и с сокращенным количеством операций умножения чисел с плавающей запятой.

В обоих случаях процесс компрессии включает следующую последовательность шагов:

- 1) чтение служебной информации и графических данных исходного изображения (в градациях серого или цветного) из файла формата BMP (Bit Map);
- 2) дополнение исходного изображения нулями до нужного размера;
- 3) переход из системы цветопредставления RGB (Red-Green-Blue) в альтернативную систему (только для цветных изображений);
- 4) прямое двумерное вейвлет-преобразование исходного изображения;
- 5) квантование матрицы коэффициентов с заданными параметрами качества;
- 6) зигзаг-сканирование матрицы коэффициентов;
- 7) кодирование длин серий RLE (Run-Length Encoding);
- 8) энтропийное кодирование по алгоритму Хаффмана;

9) запись служебной информации и закодированных данных сжатого изображения в файл формата WH2 (Wavelet Haar 2).

Процесс декомпрессии состоит из следующих шагов:

- 1) чтение служебной информации и закодированных данных сжатого изображения из файла формата WH2;
- 2) декодирование по алгоритму Хаффмана;
- 3) декодирование длин серий (обратное RLE);
- 4) обратное зигзаг-сканирование;
- 5) обратное квантование;
- 6) обратное двумерное вейвлет-преобразование;
- 7) переход из альтернативной системы цветопредставления в систему RGB (только для цветных изображений);
- 8) пост-обработка;
- 9) запись служебной информации и графических данных восстановленного изображения в файл формата BMP.

Для проведения эксперимента было подобрано гладкое фотореалистичное изображение в градациях серого. Ширина и высота изображения равны 1000 и 1000 пикселей соответственно, исходный размер – 977 Кбайт. Качество декодированного изображения оценивалось величинами среднепиксельной ошибки APE (Average Pixel Error) и пикового соотношения сигнал-шум PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) [2]. Результаты эксперимента сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Алгоритм вейвлет-преобразования	Размер сжатого изображения, Кбайт	Степень сжатия, раз	PSNR, дБ	APE, %
С полным количеством операций умножения	53,0	18,434	35,942	3,195
	37,0	26,405	34,792	3,610
С сокращенным количеством операций умножения	53,2	18,365	35,023	3,460
	37,8	25,847	33,670	3,946

Исследования показали, что существует тесная взаимосвязь между масштабирующими функциями вейвлетов Хаара и нормирующими коэффициентами. В результате, для прямого и обратного вейвлет-преобразований были разработаны алгоритмы, требующие меньшего количества операций умножения с плавающей запятой. Опираясь на результаты эксперимента, можно утверждать, что использование этих алгоритмов не приводит к ощутимому снижению качества восстановленного изображения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. – М.: Радио и связь, 1983.
2. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. – М.: Триумф, 2003.