

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова  
150000, Россия, Ярославль, ул. Советская, 14. Тел. (0852) 79-77-75, E-mail: dcslab@uniyar.ac.ru

**Реферат:** Предлагается способ квантования коэффициентов вейвлет-преобразования, в котором шаг квантования определяется для каждой полосы вейвлет-преобразования в соответствии с требуемой мощностью шума квантования.

**Введение**

В настоящее время вейвлет-преобразование получило широкое распространение в области сжатия статических и динамических изображений. Алгоритмы кодирования с применением вейвлетов позволяют достичь больших коэффициентов сжатия, при том же качестве восстановленного изображения, чем методы, основанные на дискретном косинусном преобразовании. Однако, качество восстановленного изображения и коэффициент сжатия в значительной степени зависят не только от способа преобразования исходного изображения, но и от схемы квантования полученных в результате преобразования трансформант. Собственно преобразование необходимо для декорреляции отсчетов изображения и перевода в форму, удобную с точки зрения удаления избыточной информации с помощью квантования и статистического кодирования.

**Описание модели квантования**

Известно, что зрение человека менее восприимчиво к искажениям в высокочастотной области изображения и более восприимчиво к искажениям в низкочастотной области. В соответствии с этой моделью, высокочастотные составляющие вейвлет-преобразования должны быть квантованы более грубо, более низкие частоты квантованы точнее. Масштабная копия изображения должна быть квантована наиболее точно. Также известно, что энергия, сосредоточенная в отдельных полосах, уменьшается по мере роста частоты. Поэтому, если квантовать трансформанты преобразования так, чтобы в результате квантования во все полосы добавился шум квантования с одинаковой мощностью, получим, что более высокочастотные трансформанты будут квантованы грубее, а низкочастотные - точнее, т.е. согласно вышеописанной модели человеческого восприятия.

Предлагается алгоритм квантования, в котором шаг квантования различен для каждой полосы вейвлет-преобразования и выбирается в зависимости от требуемой мощности шума квантования [1]. Величину квантованного коэффициента преобразования можно представить как:  $x_q = \text{round}(x / Q)$ , где  $x$  – значение неквантованного коэффициента,  $Q$  - шаг квантования,  $x_q$  - значение квантованного коэффициента.

Для выбора шага квантования необходимо знать зависимость мощности шума квантования от шага квантования. Так как эта зависимость различна для каждой полосы преобразования и имеет достаточно сложный вид, возможно использование различных аппроксимирующих функций [2]. Но использование аппроксимации не всегда является эффективным, так как реальный шум квантования может отличаться от заданного. В этом случае более эффективным является предложенный алгоритм:

1. Задаем желаемый шум квантования  $\sigma_0^2$ .
2. Подаем на вход квантователя, с первоначально заданным шагом квантования  $Q$ , последовательность коэффициентов преобразования, соответствующих некоторой полосе, и подсчитываем мощность шума квантования согласно формуле:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N} \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} \left( Q \cdot \text{round} \left( \frac{x_{n,m}}{Q} \right) - x_{n,m} \right)^2,$$

где  $N, M$  - размер полосы по горизонтали и вертикали,  $Q$  - шаг квантования,  $x_{n,m}$  - коэффициенты преобразования,  $\text{round}(\bullet)$  - операция округления.

3. Сравниваем полученную мощность шума квантования с заданной величиной мощности шума  $\sigma_0^2$ . При их несовпадении находим с помощью метода Ньютона новый шаг квантования итеративно повторяя вычисления до тех пор, пока не будет выполнено условие  $|\sigma_i^2 - \sigma_0^2| < \varepsilon$ .

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 02-02-17500)

4. При совпадении полученной величины шума квантования с заданной величиной, переходим к следующей полосе.

В соответствии с этим алгоритмом для каждой полосы вейвлет-преобразования выбирается шаг квантования. Если мощность полосы меньше чем требуемый шум квантования, то коэффициенты преобразования обнуляются.

Для выполнения вейвлет-преобразования использовался вейвлет Добеши 16, применяемый в горизонтальном и вертикальном направлении, при трех стадиях разложения [3]. Далее каждая полоса квантовалась согласно приведенному алгоритму, подсчитывалась энтропия закодированного изображения, мощность шума квантования, отношение сигнал/шум для восстановленного изображения.

#### Экспериментальные исследования

Для сравнения приводятся результаты для случая равномерного квантования (шаг квантования одинаковый во всех полосах) тех же коэффициентов преобразования.

В таблице 1 приведены результаты равномерного и неравномерного квантования тестового изображения «Лена». Равномерное квантование выполнялось для шагов квантования 10, 100, 200, а в случае неравномерного квантования был получен требуемый шум квантования и соответствующие шаги квантования, таким образом, чтобы энтропия закодированного изображения в обоих случаях была одинаковой.

Таблица 1

Шаг квантования (равномерное квантование) $Q$	Мощность шума неравномерного квантования $\sigma_0^2$	Энтропия закодированного изображения $H$	Отношение сигнал/шум восстановленного изображения (равномерное квантование), дБ	Отношение сигнал/шум восстановленного изображения (неравномерное квантование), дБ
10	2,6	1	28,8	28,9
100	280	0,141	15	15,4
200	1288	0,0689	11,1	12

На рис. 1(а и б) приведены восстановленные изображения для шага квантования 100 равномерного квантования и мощности шума 280 неравномерного квантования. Видно, что субъективная оценка качества восстановленного изображения, в случае неравномерного квантования, несколько лучше, по сравнению со случаем равномерного квантования.



а)



б)

Рис. 1. Восстановленное изображение при равномерном квантовании с  $Q = 100$  (а) и при неравномерном квантовании с  $\sigma_0^2 = 280.000$  (б)

#### Заключение

Из результатов приведенных в таблице 1 следует, что применение неравномерного квантователя позволяет получить более высокое отношение сигнал/шум, по сравнению с равномерным, при тех же коэффициентах сжатия (причем с увеличением коэффициента сжатия выигрыш увеличивается). Субъективная оценка качества восстановленного изображения также выше.

Таким образом, было установлено, что применение неравномерного квантования коэффициентов вейвлет-преобразования позволяет повысить качество восстановленного изображения (или коэффициент сжатия), так как предложенная модель квантования согласуется с особенностями человеческого зрения.

#### Литература

1. L. D. Davisson. Rate-Distortion Theory and Application // Proceedings of the IEEE, July 1972. P. 156-164.

2. Ганин А.Н. Модель квантования вейвлет коэффициентов // Докл. 4-ой междунар. конф. и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применение», Москва, 2002. Т.2. С. 240-241.
3. Wavelets for Image Compression / Mrinal Kumar Mandal, Faculty of Engineering University of Ottawa, 1994.