

**ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАНТОВАНИЯ WAVELET-ОБРАЗОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО КОДИРОВАНИЯ**

УСТИНОВ С.С.

ОНАС им. А.С. Попова, ГП УНИИРТ

**THE CHARACTERISTICS OF WAVELET TRANSFORMED IMAGES  
QUANTIZATION IN DIGITAL CODING SYSTEMS**

USTINOV S.S.

**ВСТУПЛЕНИЕ**

В настоящее время бурно развиваются методы сжатия изображений с использованием вейвлет преобразования [1]. При вейвлет преобразовании исходный сигнал раскладывают на субполосы – высокочастотную и низкочастотную. Измерение видимости ошибок квантования в области вейвлет-коэффициентов необходимы для достижения наибольшего коэффициента сжатия, при наименее заметных искажениях на изображении.

Типичный кодер сжатия изображений содержит следующие этапы: дискретное вейвлет преобразование, квантование и последующее энтропийное кодирование. Сжатие с использованием вейвлет-преобразования является сжатием с потерями и потеря качества происходит именно при процессе квантования.

**ДИСКРЕТНОЕ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ**

При дискретном вейвлет преобразовании выполняется свертка входной последовательности с импульсным откликом ВЧ и НЧ фильтров разложения, с последующей децимацией с шагом 2, получая преобразованные сигналы  $x_H$  и  $x_L$ . Восстановление сигналов производится путем повышения частоты сигналов, и сверткой с ВЧ и НЧ фильтрами синтеза. На рисунке 1 приведена структурная схема одномерного вейвлет преобразования.

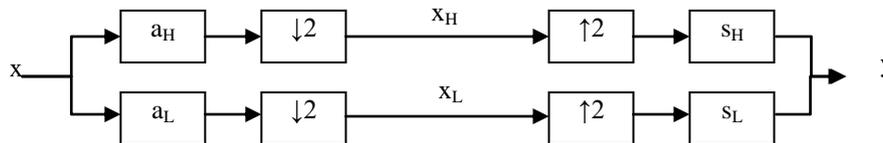


Рисунок 1 – Одноуровневое вейвлет преобразование

При двухуровневом вейвлет преобразовании вейвлет преобразованию подвергают низкочастотную составляющую. Данную операцию можно повторять, и число этих повторений определяют уровень декомпозиции преобразования.

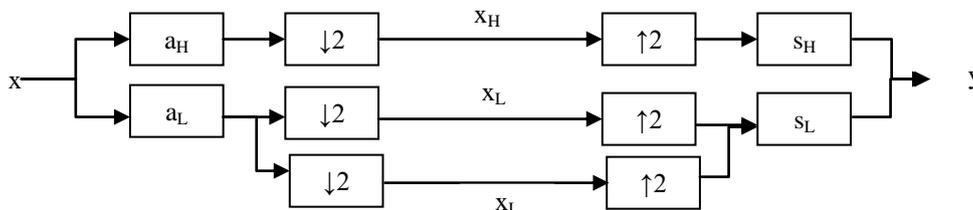


Рисунок 2 – Двухуровневое одномерное вейвлет преобразование

При выполнении двумерного вейвлет преобразования существует два варианта реализации. Первый, традиционный, заключается в выполнении одномерного вейвлет преобразования с заданным уровнем декомпозиции сначала для всех строк изображения, затем для всех столбцов изображения. Второй выполняют путем чередования выполнения одномерного вейвлет преобразования по строкам и столбцам, которое выполняют сначала только для всего изображения, а затем только для низкочастотной части.

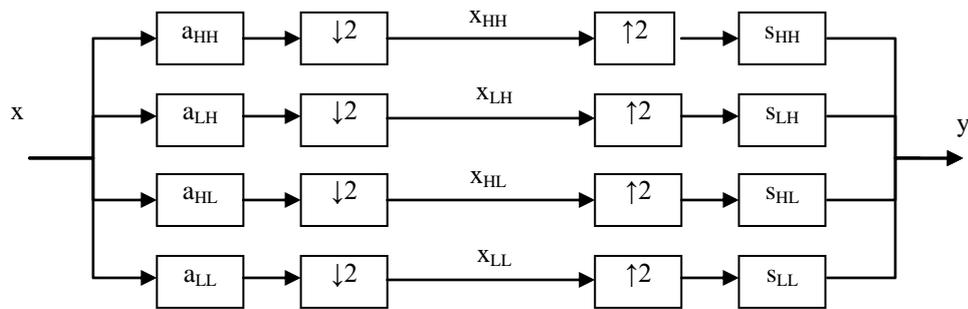


Рисунок 3 – Четырехканальный двумерный банк фильтров

Процесс выполнения одной итерации выполнения вейвлет-разложения изображения представлен на рисунке 3.

В исследовании, представленном в этой статье, использовался алгоритм разложения Малла.

### ВЕЙВЛЕТ ФУНКЦИИ

В исследовании использовался биортогональный вейвлет 9/7 по следующим причинам: данный вейвлет обладает симметричностью и линейной фазой, данный вейвлет широко используется в стандартизованных системах сжатия визуальной информации, также в [2] были исследованы некоторые свойства, которые отличают этот вейвлет от других при аппроксимации изображений небольшим значением вейвлет-коэффициентов.

### КВАНТОВАНИЕ

При сжатии изображений с использованием вейвлет преобразования используют следующие виды квантования [3]:

**Равномерное квантование**, при котором квантование вейвлет коэффициентов можно представить в виде выражения:

$$S_{кв} = \text{round} \left( \frac{S}{\lambda} \right) \quad (1)$$

где  $S_{кв}$  - квантованные значения вейвлет-коэффициентов,  $S$  - исходные значения вейвлет-коэффициентов,  $\lambda$  - параметр квантования.

Квантование вейвлет-коэффициентов осуществляется путем деления на параметр квантования  $\lambda$ , и последующим округлением до ближайшего целого.

**Грубая пороговая обработка**, при которой значения вейвлет-коэффициентов, модуль которых меньше порогового значения  $\lambda$  приравнивают к нулю.

$$S_{кв} = \begin{cases} S, & \text{при } |S| > \lambda \\ 0, & \text{при } |S| \leq \lambda \end{cases} \quad (2)$$

**Мягкая пороговая обработка**, которую можно описать следующим выражением:

$$S_{кв} = \text{sign}(S) \cdot \max(0, |S| - \lambda) \quad (3)$$

В процессе изучения данной темы были исследованы все вышеперечисленные методы квантования значений в пространстве вейвлет преобразования.

### ОЦЕНКА ИСКАЖЕНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Для оценки влияния квантования вейвлет-коэффициентов использовалось изображение вертикальных полос. Исходное изображение подвергалось предварительной фильтрации с использованием оконной функции Кайзера [4].



Рисунок 4 – Тестовое изображение. а) исходное изображение, б) искаженное изображение

С увеличением значений порогового значения  $\lambda$  на изображении начинают сглаживаться четкие границы, а также начинают проявляться ложные границы.

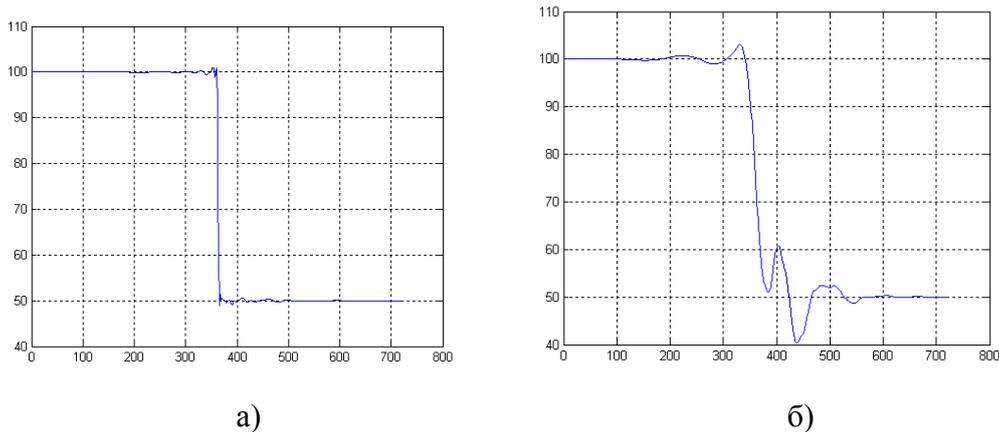


Рисунок 5 – Сигнал изображения в горизонтальном направлении а)  $\lambda = 5$ , б)  $\lambda = 100$ , при использовании грубого порога при квантовании.

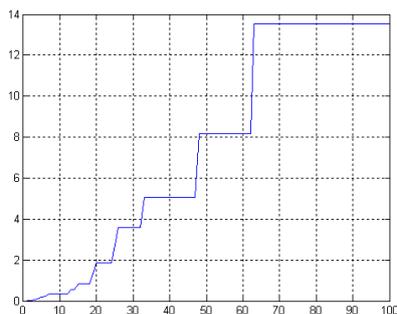
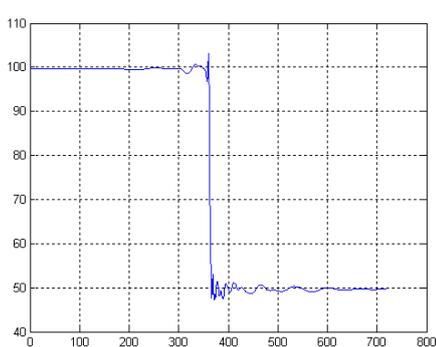
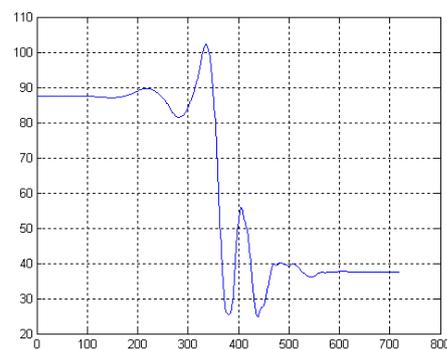


Рисунок 6 – Зависимость СКО от  $\lambda$ , при использовании грубого порога



а)



б)

Рисунок 7 – Сигнал изображения в горизонтальном направлении а)  $\lambda = 5$ , б)  $\lambda = 100$ , при использовании мягкого порога при квантовании

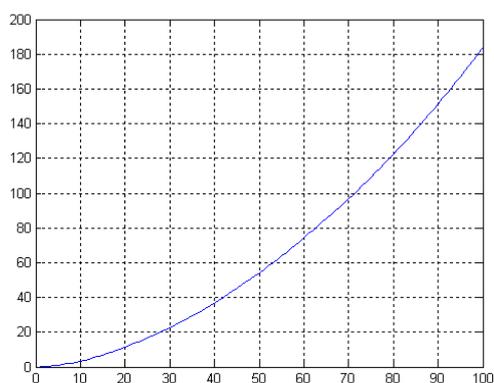


Рисунок 8 – Зависимость СКО от  $\lambda$ , при использовании мягкого порога

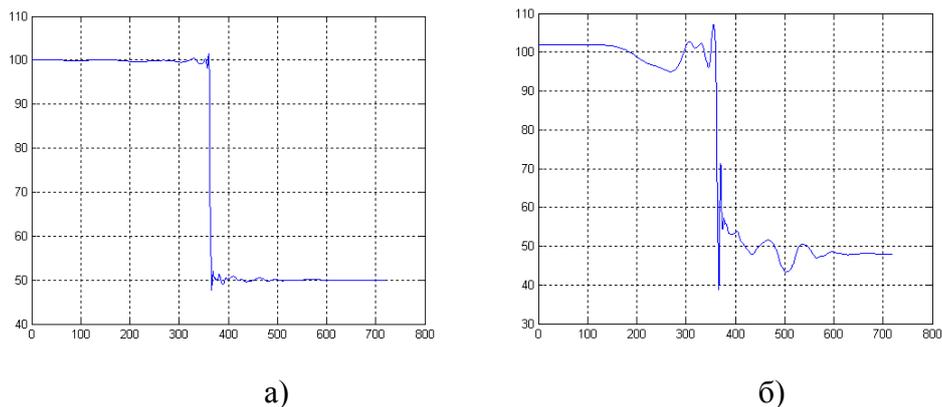


Рисунок 9 – Сигнал изображения в горизонтальном направлении а)  $\lambda = 5$ , б)  $\lambda = 100$ , при использовании равномерного квантования

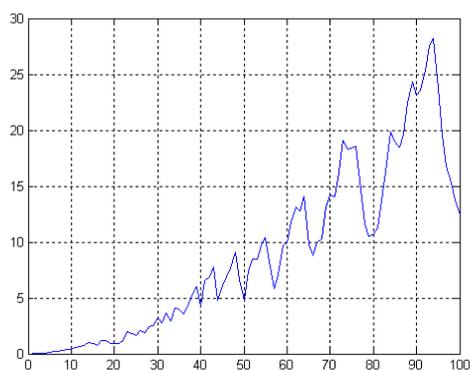


Рисунок 10 – Зависимость СКО от  $\lambda$ , при использовании равномерного квантования

Таблица 1 – Результаты исследований:

$\lambda$	СКО при равномерном квантовании	СКО при квантовании с использованием мягкого порога	СКО при квантовании с использованием грубого порога
1	0,0050	0,0590	0,0017
10	0,5891	3,9175	0,3461
20	0,9434	12,4341	1,8680
30	2,7708	23,9285	3,5734
40	6,4973	38,3210	5,0504
50	7,3771	56,0242	8,1576
60	11,8337	76,6355	8,1576
70	14,0822	99,2970	13,5286
80	11,2668	125,1583	13,5286
90	23,5178	154,4224	13,5286
100	12,4315	183,6694	13,5286

## ВЫВОДЫ

*Исследования показали необходимость предварительной фильтрации тестовых изображений методом с использованием оконных функций.. Были получены зависимости СКО от значения порога для равномерного квантования, и от квантования с использованием грубой и мягкой пороговой обработки.*

*Полученные результаты послужат основой для дальнейших исследований влияния квантования вейвлет коэффициентов с учетом зрительной системы человека.*

### Литература

- [1] Shapiro J.M. , "An embedded wavelet hierarchical image coder," in Proc. ICASSP, 1992.
- [2] J. Villasenor, B. Belzer and J. Liao, "Wavelet filter evaluation for efficient image compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, pp. 1053-1060, 1995.
- [3] Donoho D.L. (1994) Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage. Biometrika, 81, 425-455.
- [4] Гофайзен О.В., Епифанов Н.И. Оценка линейных искажений в ТВ такте по обобщенным испытательным сигналам. – Техника кино и телевидения, 1979.