С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің **Ғылым жаршысы**(пәнаралық) **= Вестник науки** Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2015. - №2 (85). –С. 94-100

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЕЙВЛЕТАМИ ХААРА И ДОБЕШИ

Байдалина С.А., Боранбаев С.А.

Аннотация

В данной статье описывается результаты сжатия цветного изображения вейвлетами Хаара и Добеши. Приведены описание программы на языке C++ разработанной в интегрированной среде Embercadero C++ Builder XE. Для удаления высокочастотных данных использованы общепринятые алгоритмы порогового обрезания вейвлет – коэффициентов. Результаты сжатия изображений, в форматах RGB и YCbCr, вейвлетами Хаара и Добеши приведены в таблицах.

Ключевые слова: сжатие изображений, вейвлет Хаара, вейвлеты Добеши, RGB, YCbCr.

Введение

В настоящее время большая часть задач цифровой обработки изображений решается при помощи вейвлет- анализа. Вейвлет-анализ используется для сжатия изображений, в компьютерной графике, для распознавания образов и построения моделей восприятия зрительной информации [1-3].

Широкое использование вейвлет-анализа связано с тем, что базис такого преобразования: разные масштабные версии и сдвиги импульсов двух типов (скэйлинг-функции и вейвлета) - более отвечает природе сигнала, чем периодические функции, поскольку сигнал (изображение) есть именно набор элементов разного положения и размера. Существует несколько подходов в реализации вейвлет-анализа применительно к изображениям. Основой для большинства реализаций является алгоритм Малла, в котором использована свертка ранее построенного фильтра со строками и столбцами матрицы изображения [4].

Выбор оптимального вейвлет преобразования для кодирования изображений является трудной задачей. Известен ряд критериев построения «хороших» вейвлетов, среди которых наиболее важными являются: гладкость, точность аппроксимации, величина области определения, частотная избирательность фильтра [5]. Однако, наилучшая комбинация этих свойств неизвестна.

Материалы и методика исследований

Известно, что любой цвет может быть представлен как сумма трёх основных цветов: красного, зелёного и синего. Если интенсивность каждого цвета представить числом, то любой цвет будет выражаться через набор из трёх чисел. Так определяется цветовая RGB-модель. Таким способом можно представить 2^{24} цвета, т.е. примерно 16,7 млн. цветов. Цветовая модель RGB (Red-Green-Blue) была стандартизирована в 1931г. и впервые использована в цветном телевидении. Модель RGB является аддитивной моделью**,** т.е. цвет получается в результате сложения базовых цветов.

В цветовой модели RGB все три компонента считаются одинаково важными, и они обычно сохраняются с одинаковым разрешением. Известно, что органы зрения человека менее чувствительны к цвету предметов, чем к их яркости. Можно отобразить цветовое изображение более эффективно, отделив светимость от цветовой информации и представив ее с большим разрешением, чем цвет. По этим и другим причинам многие стандарты видео используют яркость и два цветоразностных сигнала как цветовую модель, отличную от RGB. Наиболее известными среди таких пространств являются YUV, YIQ и YCbCr. Цветовая модель YCbCr и его вариации является распространенным методом эффективного представления цветных изображений[6].

В таких цветовых моделях Y обозначает компоненту светимость, которая вычисляется как взвешенное усреднение компонент R, G и B по следующей формуле:

$$Y = k_r + k_g G + k_b B,$$

где k обозначает соответствующий весовой множитель. Остальные цветовые компоненты по существу определяются в виде разностей между светимостью Y и компонентами R, G и B:

Cb=B-Y,

Cr =R-Y,

Cg=G-Y.

При этом получаются четыре компоненты новой модели, вместо трех RGB. Однако число Cb+Cr+Cg является постоянным, поэтому только две из трех хроматических компонент необходимо хранить, а третью вычислять на основе них. Чаще всего в качестве двух искомых цветовых компонент используют Cb и Cr. Преимущество пространства YCbCr по сравнению с RGB заключается в том, что Cb и Cr можно представлять с меньшим разрешением, чем Y, т.к. глаз человека менее чувствителен к цвету предметов, чем к их яркости. Это позволяет сократить объем информации, требуемый для представления хроматических компонент, без заметного ухудшения качества передачи цветовых оттенков изображения. Такой подход к преобразованию цветового пространства дает дополнительный эффект при сжатии цветных изображений. При этом алгоритмы сжатия сначала преобразуют исходное цветовое

пространство из RGB в YCbCr, сжимают, а затем при восстановлении обратно преобразуют изображение в цветовое пространство RGB. Формулы для прямого и обратного преобразований выглядят следующим образом:

$$\begin{cases} Y = k_r R + (1 - k_b - k_r) G + k_b B \\ C_b = \dfrac{0{,}5}{1 - k_r}(B - Y) \\ C_r = \dfrac{0{,}5}{1 - k_r}(R - Y) \end{cases}$$ прямое преобразование

$$\begin{cases} R = Y + \dfrac{1 - k_r}{0{,}5} C_r \\ G = Y - \dfrac{2k_b(1 - k_b)}{1 - k_b - k_r} C_b - \dfrac{2k_r(1 - k_r)}{1 - k_b - k_r} C_r \\ B = Y + \dfrac{1 - k_b}{0{,}5} C_b \end{cases}$$ обратное преобразование

Отметим, что множитель k_g получается из соотношения $k_g + k_r + k_b = 1$, а величина компоненты G получается вычитанием суммы Cb и Cr из Y.

Рекомендация ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication sector) - сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи предлагает следующие коэффициенты: $k_b = 0{,}114$ и $k_r = 0{,}229$. Используя эти значения в данных уравнениях, получаем формулы:

Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B;
Cb = 0,564(B-Y);
Cr = 0,713(R-Y);

R = Y+1,402Cr;
G = Y-0,344Cb-0,714Cr;
B = Y+1,772Cb.

При сжатии изображений, в частности, при JPG-сжатии, обычно используют YCrCb разложение. Y – это набор яркостей, который основывается по большей части на зелёном цвете, лучше всего воспринимаемом человеческим глазом. Наборы Cr и Cb хранят ключи для восстановления красного и синего цвета из Y. Использование разложения YCrCb позволяет сильнее сжимать изображение при меньших потерях качества, так как главная информация для человека в картинке – это именно информация о яркости отдельных точек. Составляющие Cr и Cb хорошо сжимаются, не внося сильных ухудшений в качество картинки, сами по себе они менее чёткие, чем Y.

Предположим, что имеем изображение размером $N \times N$ (рис. 1,

а). Первоначально каждая из *N* строк изображения делится (фильтруется) на низкочастотную (НЧ) и высокочастотную (ВЧ) половины. В результате получается два изображения размером $N \times N / 2$ (рис. 4, *б*). Далее каждый столбец делится точно также, в итоге получается четыре изображения размером $N / 2 \times N / 2$ (рис. 1, *в*): НЧ по горизонтали и вертикали (НЧНЧ1), ВЧ по горизонтали и вертикали (ВЧВЧ1), НЧ по горизонтали и ВЧ по вертикали (НЧВЧ1) и ВЧ по горизонтали и НЧ по вертикали (ВЧНЧ1). Первое из указанных выше изображений делится аналогичным образом на следующем шаге (уровне) преобразования (рис. 1, *г*) и т.д.

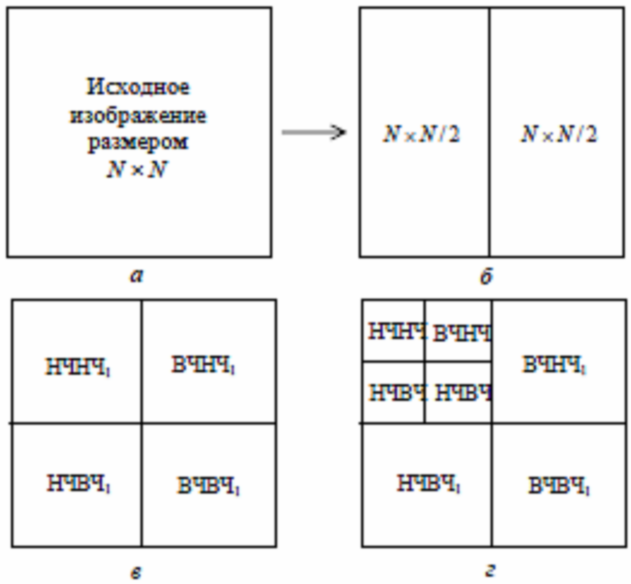

Рисунок 1 - Схема вейвлет преобразования изображения

На рисунке 2 даны исходное изображение (слева) и результат первого уровня его вейвлет преобразования, т.е. четыре изображения (слева направо, сверху вниз): НЧНЧ1, ВЧНЧ1, НЧВЧ1 и ВЧВЧ1.

Рисунок 2 - Вейвлет преобразования изображения

На примере преобразования Хаара хорошо видна структура вейвлет преобразования дискретного сигнала. На каждом шаге преобразования сигнал распадается на две составляющие: приближение с более низким разрешением –

аппроксимацию и детализирующую информацию.

Изображение как двумерный сигнал представляет матрицу. К каждой строке матрицы применяется один шаг одномерного вейвлет преобразования. В результате получится две матрицы, строки которых содержат аппроксимированную и детализирующую составляющие строк исходной матрицы. К каждому столбцу обеих матриц также применяется одномерное преобразование. В результате получается четыре матрицы. Первая является аппроксимирующей составляющей исходного сигнала (огрубленной версией), остальные три содержат детализирующую информацию – вертикальную, горизонтальную и диагональную [7]. Таким образом, шаг двумерного преобразования сводится к композиции одномерных преобразований.

Основные результаты исследований

Для сравнительных оценок сжатия изображений вейвлетами Хаара и Добеши (D4) были составлены программы на языке C++ в интегрированной среде Embercadero C++Builder XE, в виде графического приложения ОС Windows XP, Windows 8. Вид программы реализующий преобразование изображений вейвлетами Хаара представлен на рисунке 3. Загрузка исходного изображения, сохранения в файле результатов прямого и обратного вейвлет преобразования осуществляется стандартными диалоговыми окнами

.

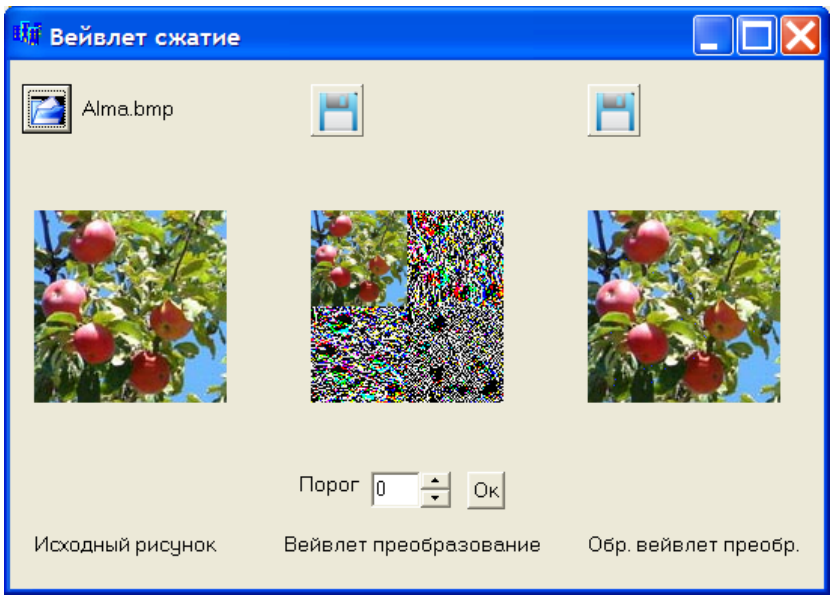

Рисунок 3 - Рисунок основного окна программы прямого и обратного вейвлет преобразования изображения

Окно программы реализующий преобразование изображений вейвлетами Добеши состоит из трех вкладок (Рисунок

4.). Преобразования изображений осуществляется в форматах RGB или YCbCr.

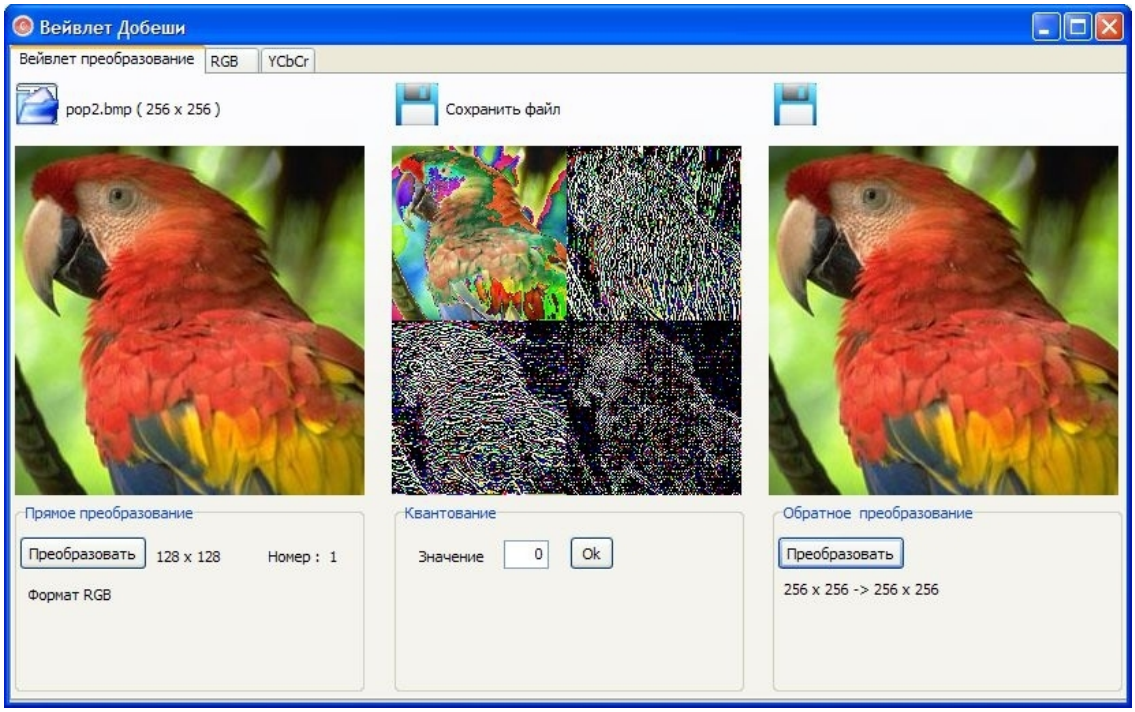

Рисунок 4 - Окно программы преобразования изображений вейвлетами Добеши

Программы загружает несжатые изображения в формате bmp. Слева расположена исходное изображение. При каждом на кнопку «Преобразовать» к изображению применяется вейвлет преобразование Добеши. Номер преобразования, размеры и формат преобразуемой части изображений отображается в части окна «Прямое преобразование».

Результат текущего преобразования отображается в середине окна программы. К нему можно применить квантование. задав пороговое значение в части окна «Квантование» и нажав кнопку «Ок».

Текущему состояние прямых вейвлет преобразований можно применить обратное преобразование, нажав кнопку «Преобразовать» в части окна «Обратное преобразование». Здесь же отображается размеры исходного и последнего обратного преобразования.

Обратное преобразование корректно производятся до размера 4 пикселя одного из координат изображения. Искажений при обратном преобразовании происходят при нечетном значении одного из размеров изображения при очередном делении на 2.

При цифровой обработке изображений непрерывный динамический диапазон значений яркости делится на ряд дискретных уровней. Процесс квантования удаляет высокочастотные данные (шум и мелкие детали). Существуют

два основных общепринятых правила порогового обрезания вейвлет-коэффициентов:

1) «жесткое» (hard thresholding): $w \to w_t = \begin{cases} 0, & |w| \le \lambda, \\ w, & |w| > \lambda. \end{cases}$

2) «мягкое» (soft thresholding): $w \to w_t = \begin{cases} 0, & |w| \le \lambda, \\ sign(w)(|w| - \lambda), & |w| > \lambda. \end{cases}$

Здесь λ - значение порога обрезания (threshold value), выбираемое обычно в процентах от стандартного отклонения вейвлет-коэффициентов данного уровня.

Обсуждение полученных данных и заключение

Результаты сжатия изображений вейвлетами Хаара приведены в таблице 1 и вейвлетами Добеши приведены в таблице 2. Для экспериментов выбраны изображения с широкой цветовой гаммой.

Таблица 1 - Сжатия изображений вейвлет Добеши в процентах

	Формат RGB			Формат YCbCr		
	номер преобразования			номер преобразования		
Порог квантования	1	2	3	1	2	3
0	35-40	38-42	40-45	37-42	40-42	43-45
128	45-50	52-55	57-60	47-52	55-57	57-60
255	70-75	78-80	82-85	70-75	78-80	82-85

Таблица 2 - Сжатия изображений вейвлет Добеши в процентах

	Формат RGB			Формат YCbCr		
	номер преобразования			номер преобразования		
Порог квантования	1	2	3	1	2	3
0	38-40	38-42	42-47	37-42	40-42	43-48
128	45-52	54-56	58-61	47-52	56-58	58-62
255	70-75	78-80	82-85	70-75	78-80	82-85

Цель вейвлет преобразования – изменить последовательность цветов (или яркостей) таким образом, чтобы в этой последовательности было как можно больше идущих подряд одинаковых значений (как правило, нулевых). Вейвлет преобразование само по себе ничего не сжимает. Оно лишь осуществляет препроцессинг изображения, после которого эффективность обычных методов сжатия резко возрастает. Области чёрного цвета в изображении вейвлет преобразования – это наборы нулевых значений, которые

будут легко сжиматься при любом способе архивирования.

Список литературы

1. Захарова Т. В., Шестаков О. В. Вейвлет-анализ и его приложения. Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2012. – С. 124-135
2. Штарк Г.-Г. Применение вейвлетов для ЦОС. - М.: Техносфера, 2007. – С. 165-177
3. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д.Вейвлеты в компьютерной графике. - М.: НИЦ РХД, 2002. – С. 243-261
4. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: М.: Мир, 2005. – С. 486-502
5. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. - М.: Триумф, 2003. – С. 35-37
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2012. – С. 55-67
7. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – С. 214-225

Резюме

Мақалада түрлі-түсті суреттерді Хаар және Добеши вейвлеттерімен сығу нәтижелері жазылған. Embercadero C++ Builder XE жұмыс ортасында C++ тілінде жазылған программаның анықтамасы келтірілген. Жоғарғы жиіліктегі деректерді жою үшін вейвлет коэффициенттерді деңгейлік қысқарту әдісі қолданылған. RGB және YCbCr форматындағы суреттерді Хаар және Добеши вейвлеттерімен сығу нәтижелері кесте түрінде берілген.

Summary

This article describes the results of the compression of color image by the wavelets Haar and Daubechies. The program description in C ++, developed in an integrated environment Embercadero C ++ Builder XE is given. For removing high-frequency data, the conventional algorithms of luminal cutoff wavelet – coefficients were used. The results of image compression, in RGB and YcbCr formats, by the wavelets Haar and Daubechies are given in the tables.