

УДК 004.627

В. С. Смирнов, аспирант;
 А. В. Коробейников, кандидат технических наук, доцент
 Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРИ КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ВЕЙВЛЕТОВ ХААРА

Предложен метод сжатия изображений без потери качества на основе модифицированных целочисленных вейвлетов Хаара и кодов переменной длины Фибоначчи, с целью увеличения коэффициента сжатия.

Ключевые слова: сжатие изображений без потерь, целочисленный вейвлет Хаара, коды переменной длины Фибоначчи

Введение

Повсеместность применения вейвлетов для анализа данных позволяет говорить о том, что их появление является одним из важных событий, которые произошли в математике за последнее время. К области применения этой теории относятся: сейсмический анализ, анализ речи, обработка изображений, изучение мультифрактальных объектов, проектирование квадратурных фильтров, численные методы решения уравнений математической физики, конструктивная квантовая теория поля и др.

Статей в области сжатия и методов, реализованных с использованием вейвлетов, на сегодняшний день достаточно много, но обзор показывает, что применение вейвлетов в основном приходится на сжатие с потерями.

В данной статье предложено использование целочисленного варианта вейвлета Хаара [1, 2] для сжатия изображений без потери качества.

Выбор вейвлета Хаара обусловлен следующими его особенностями:

1. Вейвлеты Хаара являются простыми в применении и требуют минимальных затрат процессорного времени, что позволяет использовать их в реальном времени.

2. После применения вейвлетов Хаара образуется большое количество нулевых коэффициентов, что позволяет увеличить степень сжатия изображения.

3. Результат вейвлет преобразования Хаара позволяет отображать изображение как в исходном качестве, так и в огрубленном для предварительного просмотра, аналогично формату с чересстрочной разверткой.

4. Целочисленный вариант вейвлетов Хаара позволяет при обратном преобразовании восстановить исходное изображение без потерь качества.

Описание метода

Зададим одномерные вейвлеты следующим образом [1]:

$$\begin{cases} 2^j \psi(2^j x - k, 2^j y - l) \\ 2^j \phi(2^j x - k, 2^j y - l) \end{cases} \quad (1)$$

где ψ – вейвлет-функция; ϕ – масштабирующая функция; j, k, l – целые числа.

Тогда двумерный вейвлет задается в виде [1, 2]:

$$\begin{cases} 2^j \phi(2^j x - k) \phi(2^j y - l) \\ 2^j \phi(2^j x - k) \psi(2^j y - l) \\ 2^j \psi(2^j x - k) \phi(2^j y - l) \\ 2^j \psi(2^j x - k) \psi(2^j y - l) \end{cases} \quad (2)$$

На двумерной плоскости происходит анализ по горизонтали, вертикали и диагонали с одинаковым разрешением в соответствии с тремя приведенными выше вейвлетами.

Для того чтобы не потерять информацию при использовании вейвлета Хаара, необходимо использовать его целочисленный вариант, при котором исключается умножение результатов преобразования на масштабирующий коэффициент, имеющий вещественное значение.

При этом фрагмент изображения $X \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ x_3 & x_4 \end{vmatrix}$ кодируется коэффициентами $W \begin{vmatrix} a & h \\ v & d \end{vmatrix}$:

$$\begin{cases} a = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \\ h = x_1 + x_2 - x_3 - x_4 \\ v = x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \\ d = x_1 - x_2 - x_3 + x_4 \end{cases} \quad (3)$$

где a – тренд (сумма); v – вертикальное изменение; h – горизонтальное изменение; d – диагональное изменение.

Однако возможно некоторое сокращение затрат на хранение результата при использовании формул (4, 5) согласно методу, предложенному в [3]:

$$\begin{cases} c_1 = x_1 - \text{ОКРУГЛ}[(c_2 + c_3 + c_4) / 4] \\ c_2 = x_1 - x_2 \\ c_3 = x_1 - x_3 \\ c_4 = x_1 - x_4 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} a = c_1 \\ d = c_3 - c_4 + c_2 \\ v = -\text{ОКРУГЛ}[d / 2] + c_2 \\ h = -\text{ОКРУГЛ}[d / 2] + c_3 \end{cases} \quad (5)$$

где ОКРУГЛ – операция округления.

В данном методе затраты на хранение результата вейвлет преобразования Хаара уменьшаются за счет деления коэффициентов: $a/4$; $h/2$; $v/2$.

При кратномасштабном анализе исходная матрица изображения обозначается как X^0 . На каждой итерации вейвлет-преобразования из коэффициентов a составляется матрица, которая обозначается как X^{k+1} ($k = 0, 1, 2, \dots$). Процесс повторяется, пока матрица X^k не будет состоять из одного элемента a .

После применения двумерного целочисленного вейвлета Хаара получим матрицу преобразованного изображения, представленную на рис. 1.

Формулы для восстановления исходных значений x_i без потерь [3].

$$\begin{cases} c_2 = v + \text{ОКРУГЛ}[d/2] \\ c_3 = h + \text{ОКРУГЛ}[d/2] \\ c_4 = c_2 + c_3 - d \\ c_1 = a \end{cases}, \quad (6)$$

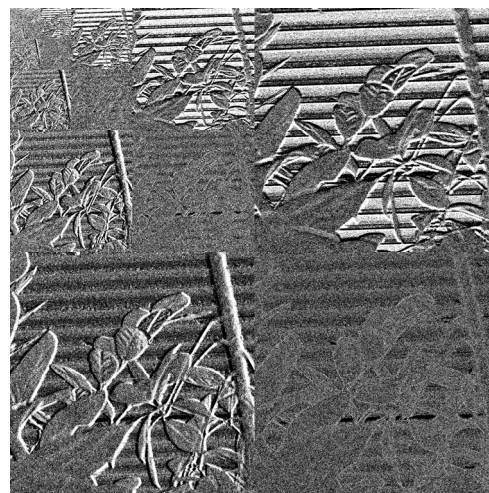
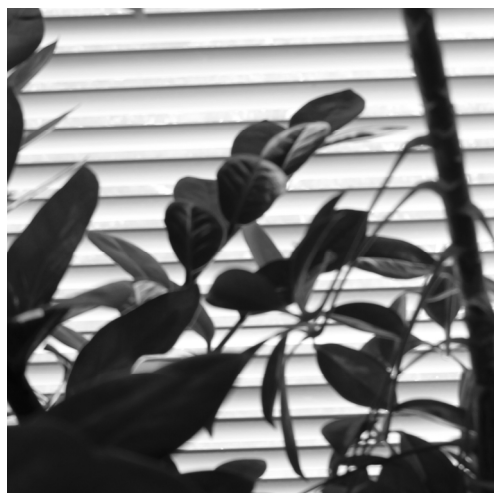
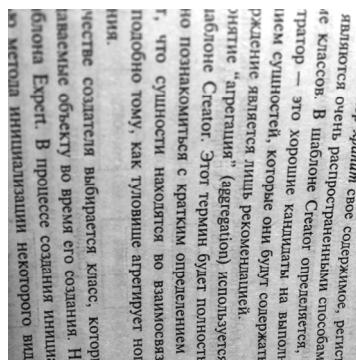


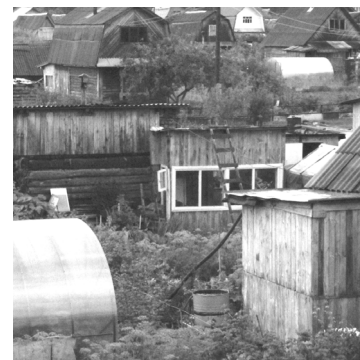
Рис. 1. Изображение 1 до применения двумерного целочисленного вейвлета Хаара (слева) и после применения (справа)



Изображение 2



Изображение 3



Изображение 4

Рис. 2. Изображения, на которых производилось тестирование

$$\begin{cases} x_1 = c_1 + \text{ОКРУГЛ}[(c_2 + c_3 + c_4)/4] \\ x_2 = x_1 - c_2 \\ x_3 = x_1 - c_3 \\ x_4 = x_1 - c_4 \end{cases}. \quad (7)$$

При использовании двумерного целочисленного вейвлета Хаара предполагается, что матрица изображения является квадратной и имеет размеры $2^n \times 2^n$. Реальные изображения могут быть произвольных размеров. Поэтому необходимо дополнить матрицу до требуемых размеров, например заполнить нулевыми значениями.

Результаты экспериментов

Для оценки полученного результата сравним результат сжатия нескольких изображений, представленных на рис. 2. Сравним методы хранения изображений: 1) исходная матрица изображений; 2) матрица изображения на основе целочисленного вейвлета Хаара по формуле (3); 3) матрица изображения на основе модифицированного целочисленного вейвлета Хаара по формулам (4), (5). Данные матриц изображений закодированы кодами переменной длины Фибоначчи [4].

Результаты сравнения методов хранения изображений

	Затраты на хранение			Коэффициент сжатия		
	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 1	Метод 2	Метод 3
Изображение 1	5636946	2485477	2280092	1,000	2,268	2,472
Изображение 2	361472	193603	177168	1,000	1,867	2,040
Изображение 3	5672362	2750747	2527338	1,000	2,062	2,244
Изображение 4	1285267	827371	755447	1,000	1,553	1,701

Выводы

Результаты тестирования показывают эффективность использования модифицированного двумерного целочисленного вейвлета Хаара и целесообразность использования его для сжатия изображений без потерь качества.

Библиографические ссылки

1. Юдин М. Н., Фарков Ю. А., Филатов Д. М. Введение в вейвлет-анализ : учеб.-практ. пособие для системы дистанц. образования. – М. : Моск. геологоразведоч. акад., 2001. – 72 с. – URL: <http://window.edu.ru/resource/972/71972/files/wavelet.pdf> (дата обращения: 29.11.2013).
2. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физ. наук. – 2001. – Т. 171, № 5. – С. 465–501. – URL: http://ufn.ru/ufn01/ufn01_5/Russian/r015a.pdf (дата обращения: 29.11.2013).
3. Франченко Р. С., Коробейников А. В. Уточнение связи формул межканальной декорреляции сигналов с вейвлетами Хаара // Информационные системы в промышленности и образовании : сб. тр. молодых ученых. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. – С. 44–47. – URL: http://files.izhtelemed.ru/articles/2011_article_2_blogs_izhtelemed_ru_kav.pdf (дата обращения: 29.11.2013).
4. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов и др. – М. : Диалог-МИФИ, 2003. – 384 с. – URL: <http://dfiles.ru/files/1716105> (дата обращения: 29.11.2013).

V. S. Smirnov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Lossless image compression based on integral-valued Haar wavelets

A method is proposed for lossless image compression based on integral-valued Haar wavelets and Fibonacci variable-length codes in order to increase the compression coefficient.

Keywords: lossless image compression, integral-valued Haar wavelets, Fibonacci variable-length codes

Получено: 13.11.13

УДК 681.527

П. И. Степанов, аспирант, старший преподаватель;

С. В. Лагуткин, кандидат технических наук, доцент;

Новоуральский технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Ю. Р. Никитин, кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

КОМПЛЕКСНАЯ ТОКОВАЯ И ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассматривается диагностика электромеханической системы, которая включает в себя анализ потребляемого тока приводного электродвигателя и вибродиагностику. Разработан программно-аппаратный комплекс диагностики с использованием оборудования National Instruments. Приведен алгоритм работы системы диагностики. Приведены результаты экспериментов по определению технического состояния электромеханической системы.

Ключевые слова: токовая диагностика, вибродиагностика, электромеханическая система

Введение

В настоящее время повышается актуальность оценки технического состояния механических и электрических узлов сложных технических систем. Для решения данной задачи необходимы комплексные системы диагностики, осуществляющие поиск неисправностей, а также позволяющие предупреждать об их возникновении. Вопросам диагностики посвящено большое количество исследований, в том числе работы [1–6].

Использование систем диагностирования в автоматизированном производстве позволяет:

– увеличить производительность электромеханической системы за счет более полного использования ресурса машины;

– повысить надежность работы системы в целом за счет своевременной замены детали или всего узла;