

**РЕАЛИЗАЦИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

**WAVELET-TRANSFORMATION IMPLEMENTATION CAPABILITIES
FOR COMPRESSION PROCESS OF A PICTURE SIGNAL**

Аннотация. Реализованы и исследованы два предложенных алгоритма вейвлет-сжатия изображений. Согласно разработанной программной модели получены экспериментальные оценки коэффициента сжатия и качества восстановленных изображений применительно к различным вейвлетам.

Summary. Two offered image wavelet-compression algorithms are realized and investigated. On designed programming model the experimental estimations of a compression coefficient and quality of the restored images with reference to different wavelets are obtained.

Сжатие данных – одна из наиболее важных проблем, которая возникает при хранении и передаче информации по каналам связи. От решения этой проблемы зависит конечный размер передаваемых по сети данных и, следовательно, время их передачи. Таким образом, задача состоит в разработке эффективных методов и алгоритмов сжатия аудио- и видеoinформации для реализации новых возможностей по её передаче для конкретной сети за счет увеличения коэффициента сжатия при заданной оценке качества. Под сжатием понимается то, что информацию необходимо представить так, чтобы объем соответствующих ей данных был минимален. Т.е. предполагается, что информация всегда обладает определенным рода избыточностью. Изображение является частным случаем информации, поэтому его можно представить в виде данных. Так как изображение обладает определенной избыточностью (кодовая, межпиксельная, психовизуальная), то становится возможным применение к изображениям алгоритмов сжатия с потерями.

В настоящее время для сжатия изображений при передаче их по сетям, наиболее широко используется стандарт JPEG [1]. В основе его работы лежит дискретно-косинусное преобразование (ДКП). Отрицательной стороной данного алгоритма является то, что при повышении степени сжатия изображение распадается на блоки 8×8 пикселей [1]. Для повышения коэффициента сжатия и качества восстановленных изображений был разработан новый стандарт JPEG-2000 [2], в котором вместо ДКП использовано вейвлет-преобразование. С января 2001 г. стандарт JPEG-2000 принят как международный ISO стандарт и его широкое распространение ожидается к 2006 году. Реализация данного стандарта включена в графический пакет CorelDraw, который позволяет сжимать и просматривать восстановленное изображение.

Однако в настоящее время отсутствует детальная информация об алгоритмах, использующих для сжатия изображений вейвлет-преобразование, потому что многие фирмы рекламируют свои кодеки сжатия изображений, не публикуя в печати особенностей своих разработок. В связи с этим возникает необходимость разработки собственных алгоритмов сжатия, с использованием вейвлет-преобразования, для последующего анализа показателей качества восстановленного изображения и коэффициента сжатия.

Целью данной статьи является предложить алгоритм сжатия на основе вейвлет-преобразования и экспериментально сравнить его с существующим стандартом сжатия изображений JPEG.

Основной проблемой при разработках алгоритмов сжатия является достижение наилучшего соотношения показателей качества восстановленного изображения и коэффициента сжатия. Для оптимизации этого соотношения необходимо решить следующие задачи:

- выбор вейвлета;
- выбор способа кодирования полученных вейвлет-коэффициентов.

При выборе вейвлет-функции необходимо учитывать ее свойства: наличие быстрого вейвлет-преобразования, моментов исчезновения, ортогональность, симметричность. Перечисленными выше свойствами обладают только ортогональные вейвлеты (Добеши, Симлеты и Койфлеты) и В-сплайновые биортогональные вейвлеты. Графики вейвлет-функций приведены на рисунках 1 и 2 [3].

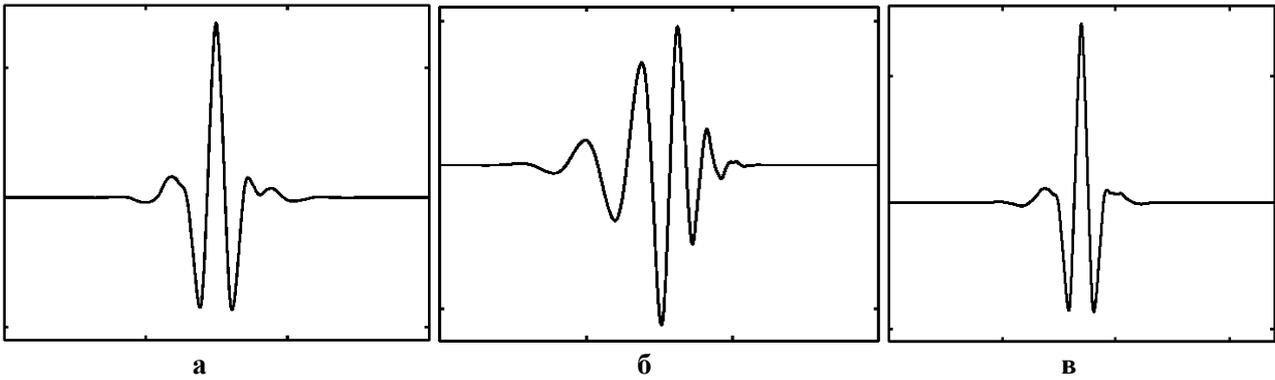


Рисунок 1 – Графики вейвлетов: а – Симлет-8; б – Добеши-8; в – Койфлет-3

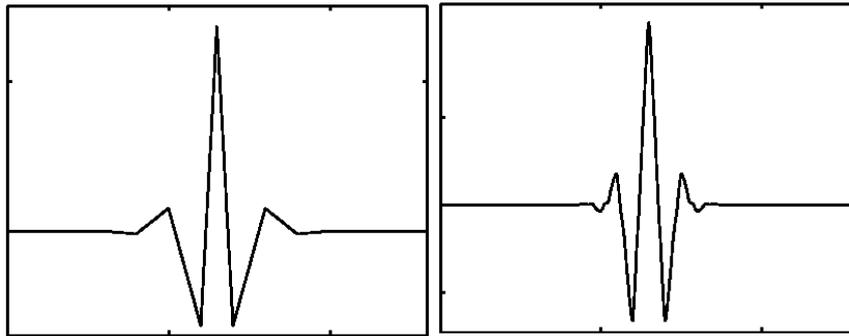


Рисунок 2 – Графики биортогонального вейвлета № 2, 6

В табл. 1 приведены характеристики различных вейвлетов, где N – натуральное число $1, 2, 3, \dots$. Из данной таблицы видно, что оптимальными вейвлетами для сжатия по соотношению параметров, являются Симлеты.

Таблица 1 – Характеристики различных вейвлетов

Тип вейвлета	Длина фильтра	Кол-во нулевых моментов	Симметричность
Добеши- N	$2N$	N	Нет
Симлет- N	$2N$	N	Близко
Койфлет- N	$6N$	$2N$	Близко
Биортогональный N_r, N_d	$\max(2N_r, 2N_d) + 2$	$N_r - 1$	Да

Структура предложенного алгоритма сжатия изображений с использованием вейвлет-преобразования приведена на рис. 3.

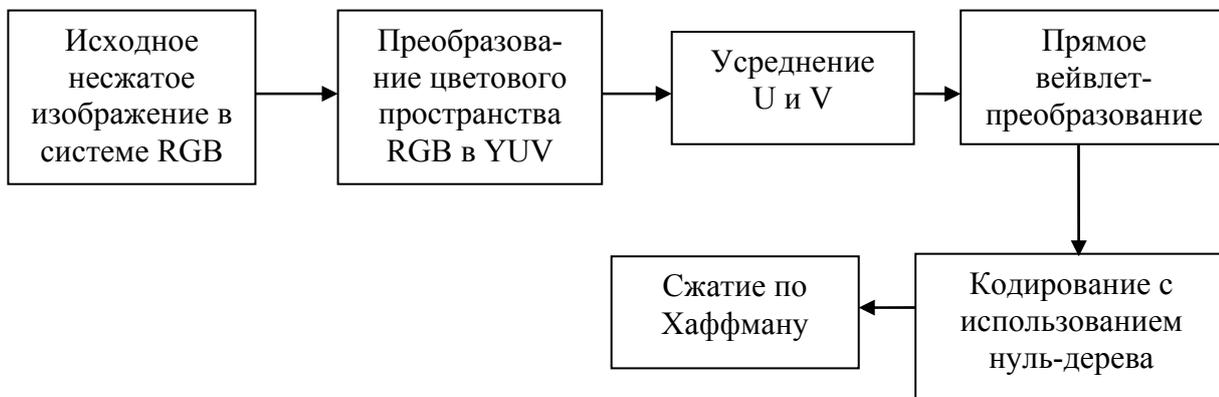


Рисунок 3 – Алгоритм сжатия изображений с использованием вейвлет-преобразования

В приведенном алгоритме использованы вейвлет-функции, перечисленные в табл. 1. На основе данного алгоритма создана программная модель в среде объектно-ориентированного программирования Delphi5. Для удобства проведения экспериментов создан графический интерфейс.

На рис. 4 показаны основные этапы проведения экспериментов, связанных с обработкой реальных изображений.

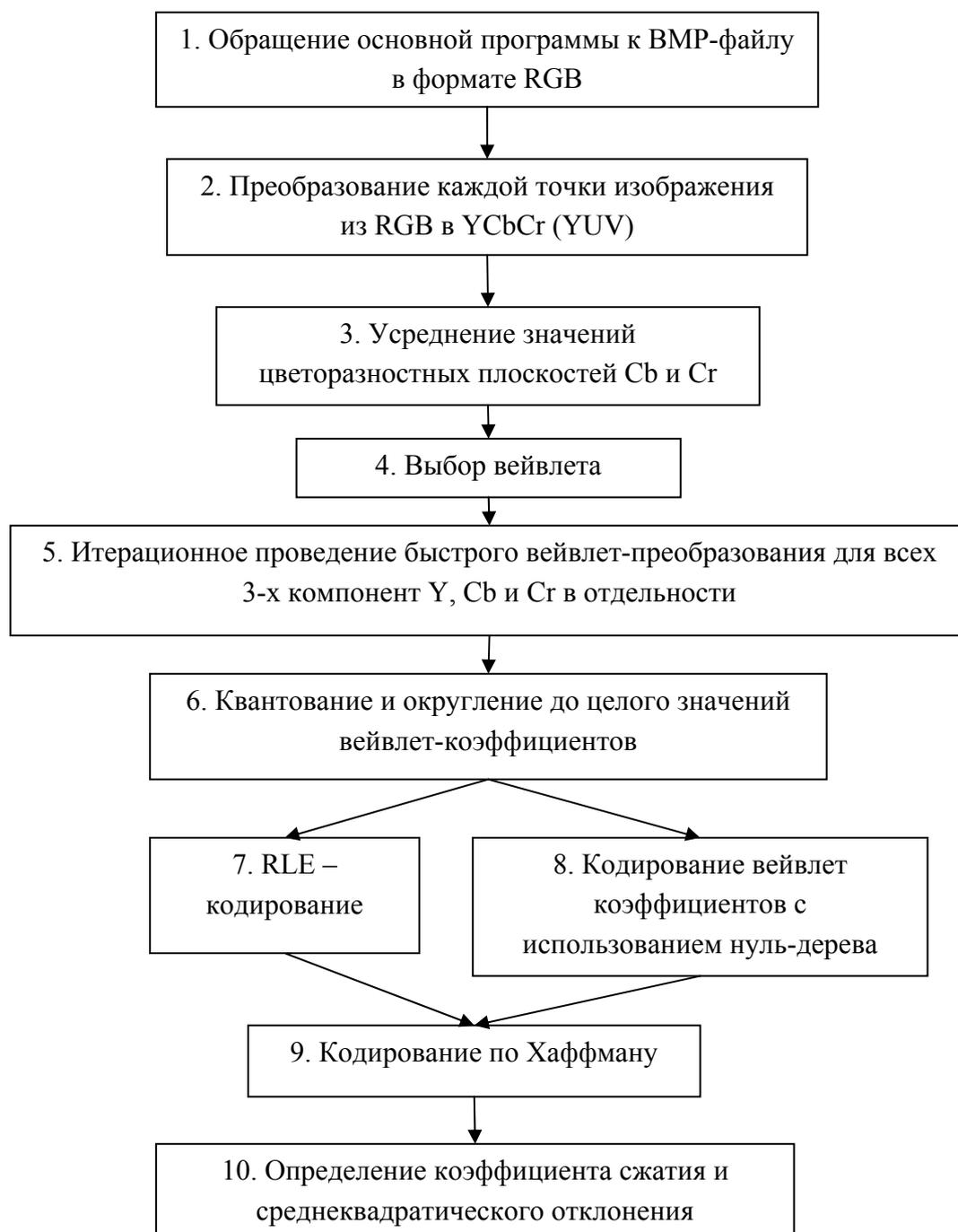


Рисунок 4 – Реализация основных этапов обработки реальных изображений

Разработанная программная модель позволяет осуществлять:

- выбор ортогональных вейвлетов для преобразования;
- обработка изображений в системе RGB;
- определение размера блока цветоразностных плоскостей;
- задание значений в таблице квантования;
- вывод на экран в графическом виде значений вейвлет-коэффициентов на произвольном шаге преобразования и гистограмм их распределения;

– вычисление размеров и коэффициентов сжатия каждой битовой плоскости после кодирования, выполненного с помощью алгоритма нуль-дерева [4].

Для анализа использовались тестовые цветные изображения размером 512×512 пикселей и 24 бит на точку. К изображению применялось быстрое вейвлет-преобразование с использованием ортогональных вейвлетов: Добеши, Койфлетов, Симлетов. Обработка полученных вейвлет-коэффициентов производилась с учетом двух предложенных способов сжатия. Первый способ обеспечивает целочисленное квантование коэффициентов в каждой субполосе и RLE-кодирование, второй – построение нуль-дерева. Именно на этапе квантования устанавливается степень возможных потерь информации об изображении с помощью величины коэффициентов в таблице квантования или количества битовых плоскостей при восстановлении. Для уменьшения энтропии закодированных коэффициентов дополнительно использовалось кодирование по Хаффману.

На рис. 5,а приведено исходное несжатое изображение (оригинал) размером 512×512 пикселей, а на рис. 5,б,в соответственно сжатые изображения в 116 раз с помощью алгоритма JPEG и вейвлет-преобразования. Субъективная оценка качества сжатого изображения определялась в результате сравнения с оригиналом, качество которого приравнялось 5 баллам.

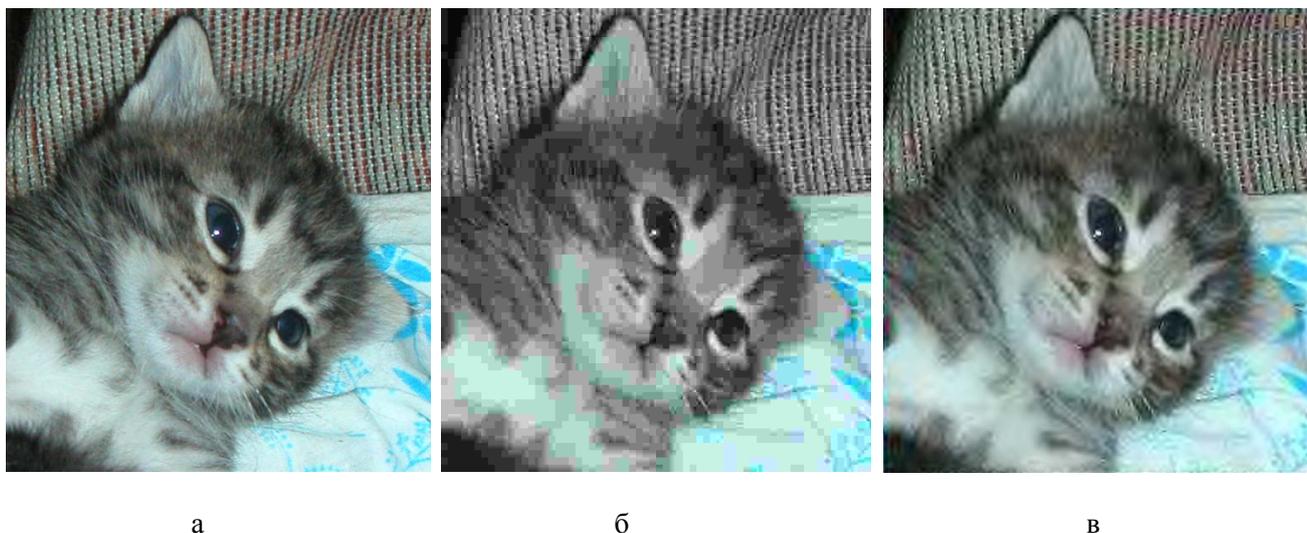


Рисунок 5 – Примеры тестовых изображений:
 а – исходное несжатое изображение (оригинал);
 б – сжатое изображение оригинала в 116 раз; б – алгоритмом на основе стандарта JPEG;
 в – предложенным алгоритмом на основе вейвлет-преобразования

На рис. 5,б видно, что сжатое изображение, полученное на основе стандарта JPEG, имеет сильно выраженную блочную структуру. На рис. 5,в сжатое изображение кажется размытым, но воспринимается глазом лучше, чем блочная структура изображения, полученная сжатием на основе стандарта JPEG.

Результаты сжатия тестового изображения (оригинала) 1-м предложенным способом, с использованием известных ненормированных коэффициентов фильтров, приведены в табл. 2. Для получения различных коэффициентов сжатия, при проведении эксперимента, использовались три таблицы квантования (табл. 3).

Таблица 2 – Результаты сжатия тестового изображения

Тип вейвлета	Коэф. сжатия	СКО	Субъективная оценка качества, балл
Симлет-8	38	4,3	5
	76	5,4	4
	116	6,3	3
Добеши-8	38	4,4	4
	75	5,5	3
	114	6,5	2

Таблица 3 – Таблицы квантования

Номер субполосы	Компоненты		Номер субполосы	Компоненты		Номер субполосы	Компоненты	
	Y	Cb, Cr		Y	Cb, Cr		Y	Cb, Cr
1	16		1	32		1	64	
2	8		2	16		2	32	
3	4	16	3	8	32	3	8	64
4	2	8	4	2	16	4	4	32
5		4	5		8	5		8
6		2	6		2	6		4

Результаты сжатия изображения с учетом 2-го предложенного способа сжатия, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты сжатия тестового изображения

Тип вейвлета	Коэффициент сжатия	Количество битовых плоскостей	СКО	Субъективная оценка качества, балл
Симлет-8	146	5	6,7	2
	56	6	5,1	4
Койфлет-2	298	7	7,7	1
	110	8	6	3
	46	9	4,5	4
Добеши-8	234	4	7,2	1
	83	5	5,5	3
	34	6	4,1	4

В табл. 5 приводятся результаты сжатия изображения (оригинала), выполненного по стандарту JPEG.

Таблица 5 – Результаты сжатия для тестового изображения

Коэффициент сжатия	СКО	Субъективная оценка качества, балл
98	7,3	2
65	5,5	4
40	4	5

На основе полученных результатов экспериментов по сжатию изображений можно сделать следующие выводы:

- для сжатия изображений оптимальными, с точки зрения соотношения коэффициента сжатия и качества восстановленных изображений, являются ортогональные вейвлеты: Симлет-8 – с шестнадцатью коэффициентами в фильтре и Койфлет-2 с двенадцатью коэффициентами в фильтре;
- для заданной субъективной оценки качества восстановленного изображения, равной 2 балла, используя предложенный алгоритм вейвлет-преобразования, были получены коэффициенты сжатия на 50% большие, чем при сжатии алгоритмом на основе стандарта JPEG;
- имеется возможность постепенного просмотра грубой копии изображения в процессе загрузки файла из сети при сжатии вторым предложенным способом.

В заключение можно сделать общие выводы по работе. Применение алгоритмов сжатия на основе вейвлет-преобразования дает лучшее соотношение показателей качества восстановленного изображения и коэффициента сжатия, чем при использовании алгоритмов на основе ДКП, из-за отсутствия блочной структуры у восстановленного изображения, а также делает возможным прогрессивную передачу изображения по сети.

Литература

1. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М.: Изд. ЭКОМ, 1997. – 336 с.
2. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования, 1999. – 204 с.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р. – 2002. – 448 с.
4. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: Учебн. пособие. – М.: Изд. Триумф. – 2003. – 320 с.