

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

**Методы и алгоритмы сжатия изображений**  
**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 441 группы

направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование  
информационных систем (профиль Параллельное программирование)  
факультета компьютерных наук и информационных технологий

Баклаги Артёма Евгеньевича

Научный руководитель

к.ф.-м.н, доцент

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А. Г. Федорова

Зав. кафедрой:

к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М. В. Огнёва

Саратов 2017

# ВВЕДЕНИЕ

## **Актуальность темы**

В течение последних лет наблюдается стремительное увеличение количества используемых компьютеров, сопровождаемое ростом их возможностей. Это привело к значительному увеличению, как круга пользователей ЭВМ, так и сферы применения компьютеров. В связи с продолжающимся ростом глобальных сетей и расширением спектра предоставляемых ими услуг при огромном росте числа пользователей сетей, а также успешно выполняемыми проектами по переводу в цифровой вид многих хранилищ данных, например, библиотек, музеев и художественных галерей, объём хранимой информации будет продолжать увеличиваться с ещё большей скоростью. Таким образом, огромное значение имеет задача хранения и передачи текстовой, графической, звуковой и другой информации.

Особое место в этом направлении занимает сжатие изображений, так как, во-первых, это первая область, где пользователи имеют дело с большим числом файлов, которые необходимо эффективно сжимать, а во-вторых, здесь встречается сжатие данных с частичной потерей информации.

Решение проблемы сжатия изображения или, в более общем смысле, кодирования изображения, использовало достижения и стимулировало развитие многих областей техники и математики.

**Целью бакалаврской работы** является теоретическое и практическое исследование вейвлет-сжатия изображений различного класса, сравнение реализованного алгоритма с уже реализованными инструментами для сжатия в среде Windows.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи**:

1. Разобрать основные понятия, связанные с изображениями.

Рассмотреть классы изображений, выделить типы

существующих алгоритмов сжатия, а также определить переменные, которые существуют для сравнения разнообразных методов сжатия.

2. Рассмотреть некоторые методы сжатия изображений. Для конкретной бакалаврской работы выбраны 4 метода сжатия. Были описаны структуры данных алгоритмов, их положительные и отрицательные черты.
3. Разобрать вейвлет-сжатие, а именно, математические выкладки, связанные с вейвлет-анализом. Рассмотреть существующие системы вейвлетов. Разобрать их преимущества и недостатки.
4. Рассмотреть способы реализации алгоритма вейвлет-сжатия на практике. А также возможности распараллеливания задачи.

Данная бакалаврская работа имеет следующую структуру:

1. ВВЕДЕНИЕ
2. Глава 1. Классификация алгоритмов сжатия графической информации
3. Глава 2. Некоторые алгоритмы сжатия информации
4. Глава 3. Вейвлет-сжатие
5. Глава 4. Практическая часть
6. Заключение
7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ
8. ПРИЛОЖЕНИЕ А. Последовательная версия алгоритма вейвлет-сжатия
9. ПРИЛОЖЕНИЕ В. Параллельная версия алгоритма вейвлет-сжатия

Для написания теоретической части бакалаврской работы использовались источники [1-16], а для практической части [16-21].

## Краткое содержание работы

**Глава 1** посвящена основным понятиям, связанным с изображениями. То есть дано определение для таких терминов как «изображение», «класс изображения». Приведены основные классы изображений. А именно: монохроматическое, полутоновое, цветное, с непрерывным тоном, дискретно-тоновое и фотореалистичное изображение. Выделены следующие требования к алгоритмам сжатия:

1. Высокое качество сжатого изображения
2. Высокая скорость компрессии (данное требование актуально для приложений, занимающихся кодированием изображений в реальном масштабе времени: цифровых фотоаппаратов, видеокамер);
3. Высокая скорость декомпрессии (данное требование актуально почти для всех приложений);
4. Возможность показать приблизительное изображение, не дожидаясь полной его загрузки (актуально для сетевых приложений).

Были выделены 2 типа сжатия изображений и их характеристики.

1. Сжатие с потерями. Под сжатием с потерями подразумевают такое преобразование входного потока данных, при котором входной поток, основанный на определённом формате информации, представляет достаточно похожий на входной поток объект, однако отличается от него объёмом.
2. Сжатие без потерь. Если декодированное изображение всегда в точности соответствует кодируемому изображению, то такой алгоритм называется алгоритмом сжатия без потерь.

В **Главе 2** представлены некоторые алгоритмы для сжатия изображений.

1. Алгоритм LZW
2. Алгоритм Хаффмана

### 3. JPEG и новые реализации JPEG

### 4. Фрактальное сжатие

**Алгоритм Лемпеля — Зива — Велча (LZW)** — это универсальный алгоритм сжатия данных без потерь. Процесс сжатия выглядит следующим образом. Последовательно считываются символы входного потока, и происходит проверка, существует ли в созданной таблице строк такая строка. Если такая строка существует, считывается следующий символ, а если строка не существует, в поток заносится код для предыдущей найденной строки, строка заносится в таблицу, а поиск начинается снова.

**Алгоритм Хаффмана** на входе получает таблицу частот встречаемости символов в сообщении. Далее на основании этой таблицы строится дерево кодирования Хаффмана (H-дерево). Алгоритм построения H-дерева:

1. Символы входного алфавита образуют список свободных узлов. Каждый лист имеет вес, который может быть равен либо вероятности, либо количеству вхождений символа в сжимаемое сообщение.

2. Выбираются два свободных узла дерева с наименьшими весами.

3. Создается их родитель с весом, равным их суммарному весу.

4. Родитель добавляется в список свободных узлов, а двое его детей удаляются из этого списка.

5. Одной дуге, выходящей из родителя, ставится в соответствие бит 1, другой - бит 0.

6. Шаги, начиная со второго, повторяются до тех пор, пока в списке свободных узлов не останется только один свободный узел. Он и будет считаться корнем дерева.

**JPEG** является очень сложным методом сжатия изображений с потерей и без потери информации. Он применим как к цветным, так и к полутоновым изображениям (но не к мультфильмам и анимации).

## Основные шаги сжатия JPEG:

1. Цветное изображение преобразуется из RGB в представление светимость/цветность (для полутоновых и чёрных изображений этот шаг опускается)
2. Цветное изображение разбивается на крупные пиксели (этот шаг делается, если необходимо иерархическое сжатие; он всегда опускается для полутоновых изображений). Эта операция не делается для компоненты яркости. Укрупнение пикселей делается или в соотношении 2:1 по горизонтали и вертикали (так называемое укрупнение 2h2v или «4:1:1») или в пропорциях 2:1 по горизонтали и 1:1 по вертикали (укрупнение 2h1v или «4:2:2»).
3. Пиксели каждой цветной компоненты собираются в блоки 8×8, которые называются единицами данных. Если число строк или столбцов изображения не кратно 8, то самая нижняя строка и самый правый столбец повторяются нужное число раз.
4. Затем применяется дискретное косинус – преобразование к каждой единице данных, в результате чего получаются блоки 8×8 частот единиц данных. Они содержат среднее значение пикселей единиц данных и следующие поправки для высоких частот.
5. Каждая из 64 компонент частот единиц данных делится на специальное число, называемое коэффициентами квантования(QS), которая округляется до целого.
6. Все 64 квантованных частотных коэффициента (теперь это целые числа) каждой единицы данных кодируются с помощью комбинации RLE и метода Хаффмана. Вместо кодирования Хаффмана может также применяться вариант арифметического кодирования, известный как кодер QM
7. На последнем шаге добавляется заголовок из использованных параметров JPEG, и результат выводится в сжатый файл.

**Алгоритм фрактального сжатия** состоит из следующих шагов:

1. Изображение  $f$  разбивается на неперекрывающиеся ранговые блоки  $\{R_i\}$ . В самом простом случае блоки могут представлять собой прямоугольники, но могут быть и другие формы.

2. Изображение покрывается последовательностью доменных блоков, которые могут пересекаться. Домены могут быть разного размера, и их количество может исчисляться сотнями и тысячами.

3. Для каждого рангового блока находят домен и соответствующее преобразование, которое наилучшим образом покрывает ранговый блок. Обычно это аффинное преобразование.

4. Если достаточно точного соответствия не получилось, то разбиваем ранговые блоки на меньшие ранговые блоки. Данный процесс продолжается до тех пор пока, не получают приемлемого соответствия или размер рангового блока достигает определённых значений.

Также в бакалаврской работе были подробно рассмотрены отрицательные и положительные черты каждого из алгоритмов.

**В Главе 3** были рассмотрены основные моменты, связанные с вейвлет-сжатием.

Появление вейвлет-анализа, обусловленное потребностью решения прикладных задач, можно отнести к середине восьмидесятых годов XX века. К возникновению формулы непрерывного вейвлет-преобразования привела необходимость анализировать сейсмические сигналы с большей чувствительностью, чем могла быть достигнута рядами Фурье. Новую методику можно успешно применять и к некоторым проблемам теоретической физики и математики.

Также вейвлет-анализ можно успешно примерять к решению различных задач обработки сигналов. Анализ сигналов с помощью вейвлетов позволяет обнаруживать в них наличие скачков и

нерегулярностей. Одним из первых известных примеров выявления скачков стал анализ медицинских сигналов, например, электрокардиограмма. Другие области применения вейвлетов, например, анализ сигналов датчика в робототехнике.

Ещё одна важная область применения вейвлетов-сжатие сигналов: на использовании техники вейвлетов базируется современная версия международного стандарта сжатия неподвижного изображения – стандарт JPEG 2000.

Вейвлет-сжатие изображений принадлежит к классу методов преобразования. Вейвлет — методы для сокращения объёма хранимой информации о вейвлето преобразованной области используют избыточность масштаба.

Идея вейвлет-сжатия изображений заключается в следующих шагах. Сначала к изображению применяется вейвлет-преобразование, а затем из данных преобразованного изображения удаляются некоторые коэффициенты. К оставшимся коэффициентам может быть применено кодирование. Сжатое изображение восстанавливается путём декодирования коэффициентов, если это необходимо, и применением обратного преобразования к результату. В процессе удаления части коэффициентов преобразования теряется.

Процесс сжатия изображения путём преобразования, а затем удаления части информации — это основа для понимания вейвлет-анализа. Существуют разные подходы к вейвлет-анализу. Математические источники развивают кратномасштабный анализ через определение непрерывного масштабирования и вейвлет-функций. Инженеры подходят к этому вопросу через использование высокочастотных и низкочастотных фильтров, а также квадратурно-зеркальных пар фильтров.

В **Главе 4** был реализован последовательный и параллельный алгоритм вейвлет-сжатия. Для тестирования были взяты 8 изображений разнообразных типов: полутоновое, монохроматическое, JPEG-формата и



другие. Также для сравнения с алгоритмом вейвлет-сжатия были использованы инструменты для сжатия, реализованные в среде Windows. Для всех программ были проведены тесты на каждом из изображений. В конце работы приведены результаты практического применения всех программ и сравнение их с алгоритмом вейвлет-сжатия.

### **Основные результаты и выводы**

Проблема сжатия изображения (и других типов данных) до сих пор остаётся актуальной на сегодняшний день. Современные программы для сжатия изображений играют огромную роль в повседневной деятельности, как пользователя, так и разработчика. В интернете имеется множество программ, для сжатия изображений. Данные программы реализованы для разнообразных операционных систем, начиная от Windows, заканчивая Linux.

В ходе бакалаврской работы были получены следующие результаты:

1. Разработана последовательная и параллельная версия алгоритма вейвлет-сжатия
2. С помощью данного алгоритма проведено тестирование на примере восьми изображений, где учитывались такие характеристики, как время сжатия, размер до и после компрессии и процентное соотношение сжатия.
3. Для сравнения с алгоритмом вейвлет-сжатия были взяты стандартные инструменты для сжатия изображений в среде Windows.
4. Показано, как и с какими классами изображений работают данные программы, приведены результаты эксперимента.
5. Приведены сравнительные результаты для всех программ и алгоритмов. Построен итоговый график. Сделаны выводы об актуальности и эффективности каждой из программ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тропченко А.Ю., Тропченко А.А. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: Учебное пособие — СПб:СПбГУ ИТМО, 2009. —108с.
2. Д.Сэломон Сжатие данных, изображений и звука Москва:Техносфера, 2004.—368с.
3. Дж.Миано. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии. — М.:Издательство Триумф,2003 — 336с.: ил.
4. Свобожный интернет ресурс — Google blog research. Announcing Guetzli: A New Open Source JPEG Encoder. URL: <https://research.googleblog.com/2017/03/announcing-guetzli-new-open-source-jpeg.html>
5. С. Уэлстид. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособ.— М.:Издательство Триумф, 2003—320с.: ил.
6. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и ведео. — М.:ДИАЛОГ-МИФИ,2003. — 384с.
7. Ю.К.Демьянович, В.А. Ходаковский. Введение в теорию Вейвлетов. Курс лекций. Санкт-Петербург.2007 — 49с.
8. Guy E.Blelloch. Introduction to Data Compression -Computer Science Department, Carnegie Mellon University, 2013. — 55
9. Добеши И.Десять лекций по вейвлетам. М. —И.2004.—464с.
- 10.Климов А.С. Форматы графических файлов. Киев: НИПФ «Диасофт Лтд», 1995. — 478с.

11. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и некоторые приложения // Успехи физических наук, 1996, №11. С.1145-1170.
12. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб: ВУС, 1999. 203с.
13. Howard P. The Design and Analysis of Efficient Lossless Data Compression System. PhD Thesis, Brown University, 1993.
14. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования: Учеб. пособие. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. — 104с.
15. Энди Кармайкл, Дэн Хейвуд. Быстрая и качественная разработка программного обеспечения. — Вильямс, 2003. — 400 с.
16. David Salomon. Data Compression. The Complete Reference. Springer — Verlag London Limited 2007. — 1093
17. Свободный интернет ресурс – Хабрахабр. Обзор инструментов для сжатия изображений . URL: <https://habrahabr.ru/post/128913/>
18. Штарк Г.—Г. Применение вейвлетов для ЦОС. Москва: Техномфера, 2007.—192с.
19. Рихтер Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 2.0 на языке C#. Мастер-класс./ Пер. с англ. — 2-е изд., исправ. — М.: Издательство «Русская Редакция»; СПб.: Питер, 2008. — 656 стр.: ил.
20. Воеводин В.В., Воеводин В.В. Параллельные вычисления — СПб: БХВ – Петербург, 2004. — 599 с.
21. Шилдт, Герберт. Полный справочник по C#: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 752 с.: ил. — Парал. тит. англ.

