

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра теоретических основ  
компьютерной безопасности и  
криптографии

**Реализация сжатия фотоизображений с помощью вейвлетов**

АВТОРЕФЕРАТ

дипломной работы

студента 6 курса 632 группы

специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Жданова Кирилла Сергеевича

Научный руководитель

доцент, к.п.н.

\_\_\_\_\_

А.С. Гераськин

18.01.2018 г.

Заведующий кафедрой

профессор, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

В.Н. Салий

18.01.2018 г.

Саратов 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Фотоизображения давно стали неотъемлемым элементом современного информационного пространства. Развитие и доступность цифровой фототехники и популярность социальных сетей способствуют созданию миллионов новых фотоизображений ежедневно. Рост количества изображений ставит задачу уменьшения их объёма для более компактного хранения и быстрой передачи. Социальные сети, мессенджеры и многие другие крупные компании, сталкивающиеся с огромным количеством изображений, используют собственные разработанные алгоритмы для сжатия изображений, что позволяет им значительно сократить расходы на инфраструктуру для их хранения.

Рассмотрим особенности фотоизображений. Фотографии в цифровом виде всегда являются растровым изображением, то есть прямоугольником из пикселей, где каждый пиксель окрашен в какой-либо цвет. Размеры этого прямоугольника называются разрешением изображения. Кодирование цвета пикселей осуществляется в соответствии с цветовой моделью. Общепринятой является модель RGB, которая используется в работе дисплеев. В ней каждый цвет задан как сложение трёх компонентов, которые представляют относительные яркости красного, зелёного и синего цветов. Каждая из компонент кодируется некоторым количеством бит. Для фотоизображений чаще всего используется 8 бит для кодирования каждой компоненты, что позволяет получить  $2^8 = 256$  вариантов яркости каждой компоненты, а в сумме даёт  $(256)^3 = 16777216$  возможных цветов. Таким образом, для кодирования каждого пикселя необходимо  $8 \cdot 3 = 24$  бита.

Камеры современных смартфонов имеют матрицы с миллионами пикселей и создают файлы огромных размеров, если не применять сжатие. Например, камера 13MP делает фотоснимки с разрешением 4128 на 3096 пикселей. Закодировав цвет каждого пикселя в 24 бита, мы получим изображение объёмом  $4128 \times 3096 \times 24 = 306726912$  бит, или 36.56 Мбайт, что достаточно много для одной фотографии.

Другой особенностью фотоизображений является наличие нескольких планов. Обычно выделяют передний план, или объект фотографии, и задний план, или фон. Задний план фотографии зачастую размыт и не несёт значимой информации для человека, который смотрит на снимок. Кроме того, значения яркостей цветов соседних пикселей на фотоизображениях редко значительно изменяются. Знание этого помогает сжимать такие изображения эффективнее.

Для сжатия фотоизображений обычно применяются алгоритмы сжатия с потерями. Они допускают незначительные изменения и искажения в изображении, отбрасывая часть информации, для более эффективного сжатия. Соответственно, возникает задача минимизации заметных искажений. Для решения этой задачи применяются различные преобразования и режимы предсказания, основанные на знаниях о особенностях изображений, в частности, фотоизображений. Одним из таких преобразований является преобразование с помощью вейвлет-функций или вейвлетов, которое позволяет снизить количество заметных искажений изображений при сжатии.

Целью данной работы является создание программного продукта, реализующего сжатие фотоизображений с помощью вейвлетов Хаара и Добеши.

В задачи данной работы входит:

- 1) изучение принципов сжатия изображений, основанные на вейвлетах различных порядков;
- 2) создание программного продукта, реализующего сжатие изображений с использованием вейвлет-функций;
- 3) анализ эффективности реализованных методов.

Дипломная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Общий объем работы – 55 страниц, из них 42 страницы – основное содержание, включая 17 рисунков и 20 таблиц, список использованных источников из 18 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Первый раздел носит обзорный характер и рассматривает существующие методы сжатия изображений, применяемые в различных графических форматах: BMP, TIFF, GIF, PDF, PNG, JPEG и других. Описаны базовые принципы и особенности их работы.

Второй раздел посвящён вейвлет-преобразованиям. Подраздел 2.1 подробно описывает преобразование Хаара – метод полусумм и полуразностей, приведение преобразования к матричному виду, свойства полученной матрицы преобразования. Наиболее важным свойством является ортогональность полученной матрицы преобразования, что позволяет легко находить обратную матрицу, необходимую для обратного преобразования – для ортогональных матриц обратной матрицей будет являться транспонированная матрица. В этом же подразделе рассмотрен физический смысл вейвлетов как частотных фильтров, описаны принципы рекурсивного преобразования путём последовательного применения фильтра и применения полученных данных для сжатия фотоизображений.

Подраздел 2.2 рассматривает общий вид вейвлет-преобразований с ортогональными матрицами – вейвлеты Добеши [2]. Построены вейвлет D4 и его матрица преобразования, рассчитаны коэффициенты матрицы. Приведён метод построения вейвлетов более высоких порядков, рассчитаны коэффициенты матрицы преобразования D6.

Раздел 3 описывает каждый из этапов работы реализованного алгоритма сжатия, основанного на вейвлетах Добеши, включая в себя каждый этап как подраздел:

- Вычисление коэффициентов;
- Прямое одномерное преобразование;
- Обратное одномерное преобразование;
- Двумерные преобразования;
- Рекурсивное преобразование и квантование;

- Сжатие;
- Интерфейс программы.

В разделе 4 приведены примеры работы программы и проведён анализ эффективности выбранного метода на наборе из 283 различных фотоизображений. Изображения из набора были сжаты с применением вейвлетов D2, D4, D6, D8 с различными порогами квантования, оценён коэффициент сжатия и время работы программы. Из этих данных были сделаны следующие выводы:

- Использование вейвлетов более высоких порядков позволяет повысить минимальную эффективность сжатия;
- Использование вейвлета D4 позволяет добиться наилучших максимальных и средних значений эффективности сжатия;
- Наибольшая эффективность достигается при сжатии портретных фотографий людей;
- Искажения при сжатии похожи на применение эффекта размытия, причём объекты на дальнем плане фотографии размываются сильнее.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В рамках данной работы были изучены теоретические и практические основы сжатия изображений с использованием вейвлетов Хаара и Добеши до восьмого порядка. На их основе был разработан алгоритм сжатия изображений, реализованный в программном продукте, позволяющем эффективно сжимать фотоизображения для дальнейшего хранения или передачи по каналам связи и открывать сжатые изображения для просмотра.

Анализ работы программы показал, что методы сжатия изображений на основе вейвлетов хорошо подходят для сжатия изображений с выраженной низкочастотной и высокочастотной составляющими, что согласуется с мировым опытом применения вейвлетов к изображениям. В частности, разработанный продукт может успешно применяться для компактного хранения фотокарточек сотрудников, позволяя сэкономить до 98% объема цифровых хранилищ без видимого ущерба качеству изображения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Chui, С.К. An introduction to wavelets / С.К. Chui. Сан-Диего, США : Academic Press, 1992. 264 с.
2. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. Ижевск : РХД, 2001. 464 с.
3. Миано, Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии / Дж. Миано. М. : Триумф, 2003. 336 с.
4. Воробьев В.И. Теория и практика вейвлет-преобразования / В.И. Воробьев, В.Г. Грибунин. СПб. : ВУС, 1999. 204 с.
5. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. М. : Техносфера, 2004. 368 с.
6. Kaiser, G. A Friendly Guide to Wavelets / G. Kaiser. Бостон, США : Birkhauser, 1994. 300 с.
7. Малла, С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла. М. : Мир, 2005. 671 с.
8. Дьяконов, В.П. Вейвлеты. От теории к практике / В.П. Дьяконов. М. : СОЛОН-Пресс, 2010. 400 с.
9. Иванов, М.А. Применение вейвлет-преобразований в кодировании изображений [Электронный ресурс] / М.А. Иванов // Новые информационные технологии в науке и образовании / Ин-т систем информатики им. А.П. Ершова СОП АН. Новосибирск, 2003. С. 157-175. URL: [http://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor\\_kas\\_10\\_ivanov.pdf](http://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_10_ivanov.pdf) (дата обращения: 26.12.2017). Загл. с экрана. Яз. рус.
10. Буй, Т.Т.Ч. Разложение цифровых изображений с помощью двумерного дискретного вейвлет-преобразования и быстрого преобразования Хаара [Электронный ресурс] / Т.Т.Ч. Буй, В.Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. №5. URL:

- [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Bulletin\\_TPU/2011/v318/i5/15.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Bulletin_TPU/2011/v318/i5/15.pdf) (дата обращения 26.12.2017). Загл. с экрана. Яз. рус.
11. Штарк, Г.-Г. Применение вейвлетов для ЦОС / Г.-Г. Штарк. М. : Техносфера, 2007. 192 с.
  12. Уэлстид, С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии / С. Уэлстид. М. : Триумф, 2003. 320 с.
  13. Вейвлет-сжатие «на пальцах» — Хабрахабр [Электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/post/168517/> (дата обращения 11.01.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
  14. Li, J. Image Compression: The Mathematics of JPEG2000 [Электронный ресурс] / J. Li // Modern Signal Processing / MSRI Publications, 2003. Vol. 46. С. 185-221. URL: <http://library.msri.org/books/Book46/files/08li.pdf> (дата обращения 10.11.2017). Загл. с экрана. Яз. англ.
  15. Яне, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне ; пер. с англ. А.М. Измайловой. М. : Техносфера, 2007. 583 с.
  16. Kiely, A. The ICER Progressive Wavelet Image Compressor [Электронный ресурс] / A. Kiely, M. Klimesh // IPN Progress Report 42-155, 2003. URL: [https://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress\\_report/42-155/155J.pdf](https://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report/42-155/155J.pdf) (дата обращения 08.01.2018). Загл. с экрана. Яз. англ.
  17. The CImg Library - C++ Template Image Processing Toolkit [Электронный ресурс] / D. Tschumperlé. URL: <http://cimg.eu/> (дата обращения 24.10.2017). Загл. с экрана. Яз. англ.
  18. LZMA SDK (Software Development Kit) [Электронный ресурс]. URL: <http://7-zip.org/sdk.html> (дата обращения 17.11.2017). Загл. с экрана. Яз. англ.