

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.932

Лабанович
Дмитрий Александрович

Модели и алгоритмы обработки изображений

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 05 Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных систем

Научный руководитель
Глухова Лилия Александровна
к.т.н., доцент кафедры ПОИТ

Минск 2016

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день цифровая обработка и последующее распознавание изображений – одно из интенсивно развивающихся направлений научных исследований. При этом под обработкой изображений понимается не только улучшение зрительного восприятия изображений, но и классификация объектов, выполняемая при анализе изображений.

Области применения цифровой обработки в настоящее время значительно расширяются, вытесняя аналоговые методы обработки сигналов изображений. Методы цифровой обработки широко применяются в промышленности (при производстве машин, спутников, оборудования), в искусстве, медицине, космосе, системах инженерного документооборота, системах автоматизированного проектирования и многих других областях. Они применяются при управлении процессами, автоматизации обнаружения и сопровождения объектов, распознавании образов и во многих других приложениях.

При компьютерной обработке изображений решается широкий круг задач, таких как улучшение качества изображений; измерение параметров; визуализация изображений; распознавание образов; сжатие изображений. Характерно, что эти задачи приходится решать при наличии различного рода мешающих факторов – помех, искажений и др. Полезный фрагмент изображения может быть очень мал по отношению к помехам и визуально неразличим на фоне мешающих фрагментов изображений.

Цифровая передача изображений с космических аппаратов, цифровые каналы передачи сигналов изображений требуют обеспечения передачи все больших потоков информации. Объем исходных данных очень велик (глобальный мониторинг Земли, массовые медицинские обследования), они поступают с большой скоростью и требуют обработки в режиме реального времени. Человек не в состоянии справиться с таким потоком информации.

Единственным выходом из такой ситуации является компьютерная обработка изображений. Таким образом, исследование направлений цифровой обработки изображений, а также создание соответствующих математических моделей описания и методов обработки изображений, позволяющих сократить объем памяти, занимаемый изображениями, являются актуальными задачами.

Диссертационная работа посвящена разработке моделей и алгоритмов, предназначенных для цифровой обработки изображений. Использование разработанных моделей и алгоритмов позволит сократить объем памяти, необходимой для хранения изображений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка моделей и алгоритмов цифровой обработки изображений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести обзор предметной области цифровой обработки изображений.
2. Проанализировать существующие способы описания цифровых изображений.
3. Проанализировать существующие методы цифровой обработки изображений.
4. Исследовать существующие алгоритмы сжатия изображений.
5. Разработать модели цифровой обработки изображений.
6. Разработать алгоритмы цифровой обработки изображений.
7. Разработать функциональную модель предметной области цифровой обработки изображений.
8. Разработать программное средство, реализующее разработанные модели и алгоритмы.
9. Провести экспериментальную оценку разработанных моделей и алгоритмов.

Объектом исследования являются цифровые изображения.

Предметом исследования является методы и алгоритмы обработки изображений.

Основной гипотезой, положенной в основу диссертационной работы, является возможность сокращения объема памяти, занимаемого изображениями за счет использования усредненного значения интенсивности цвета пикселей и описания изображений в компактной форме.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы» (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

Личный вклад соискателя

Результаты, приведённые в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Л. А. Глуховой заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VII Международной научно-методической конференции «Высшее техническое образование: проблемы и пути развития» (Минск, Беларусь, 2014); 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2015); XVIII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов (Гомель, 23-25 марта 2015); IX Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (Минск, Беларусь, 2015).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 4 печатных работы, из них 2 работы в сборниках трудов и материалов международных конференций, 1 работа в сборниках трудов и материалах республиканских конференций, 1 работа в сборниках трудов и материалах конференций в БГУИР.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трёх глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора.

В первой главе представлен анализ предметной области, проведено исследование существующих типов файлов для хранения изображений, приведена классификация существующих способов обработки изображений и проведено исследование существующих алгоритмов обработки изображений.

Вторая глава посвящена разработке математической модели, позволяющей оценить эффективность применения алгоритмов сжатия цифровых изображений, разработке моделей файлов для хранения изображений и разработке алгоритмов, предназначенных для компрессии и декомпрессии цифровых изображений.

В третьей главе предложена практическая реализация программного средства, предназначенного для сокращения объема памяти, занимаемой изображениями, и произведена экспериментальная оценка разработанных моделей и алгоритмов.

Общий объем работы составляет 89 страниц, из которых основного текста – 81 страница, 25 рисунков на 25 страницах, 6 таблиц на 6 страницах и список использованных источников из 34 наименований на 2 страницах.

Библиотека БГУИР

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведено исследование цифровой обработки изображений, в процессе которого выполнен обзор предметной области. Рассмотрены характеристики изображений, типы изображений, классификация файлов для хранения изображений, выявлены их достоинства и недостатки. Приведена классификация способов цифровой обработки изображений, классификация алгоритмов сжатия изображений. Исследованы основные направления, по которым проводится обработка и задачи обработки изображений, которые они позволяют решать. На основании произведённого анализа выполнена постановка задачи.

Среди характеристик цифровых изображений следует выделить:

1) **Размер**: этот параметр может быть любым, но часто выбирается исходя из особенностей регистрации.

2) **Количество цветов (глубина цвета)**: точнее количество бит, отводимое для хранения цвета, определяется упрощением электронных схем и кратно степени 2.

3) **Разрешение**: измеряется обычно в dpi (dot per inch – количество точек на дюйм).

В зависимости от цели, стоящей перед обработкой изображений, задачи обработки изображений можно классифицировать следующим образом:

1. Фильтрация и улучшение визуального восприятия;
2. Восстановление отсутствующих участков;
3. Обнаружение объектов и их идентификация;
4. Оценка геометрических трансформаций и совмещение изображений;
5. Оценка параметров изображений;
6. Сжатие изображений.

При организации хранения изображения обычно используется структура данных, состоящая из двух частей:

– заголовочная часть, где хранятся признак формата, размер изображения, разрешение, количество бит на пиксел, способ кодирования цвета, параметры кодирования и т.п.;

– собственно изображение (массив данных с информацией о цвете пикселей).

Наиболее распространенными являются следующие типы графических файлов:

1) **ВМР** – простейший формат, в котором не применяются методы сжатия изображений. Используется в основном при организации пользовательских интерфейсов, реже – для хранения изображений.

2) TIFF – формат, в котором для хранения используются цветные плоскости и методы сжатия без потерь. Применяется для хранения изображений, когда требуется высокое качество (схемы, чертежи).

3) GIF – основной растровый формат для представления анимации. Также используется для хранения графической информации в интернете.

4) JPEG – формат, в котором применяются методы кодирования с потерями. Чаще всего используется для хранения изображений и очень редко при их изменении.

5) PNG – растровый формат, использующий сжатие без потерь. Применяется для хранения графической информации в интернете в качестве альтернативы GIF, но не поддерживает анимацию.

Основными недостатками существующих графических форматов являются:

- потеря качества при многократной перезаписи изображений;
- большой объем занимаемой изображениями памяти;
- сложная структура формата;
- отсутствие возможности сохранения нескольких изображений в одном файле.

Одним из основных направлений цифровой обработки изображений является сжатие изображений. Классификация существующих методов сжатия изображений представлена на рисунке 1.

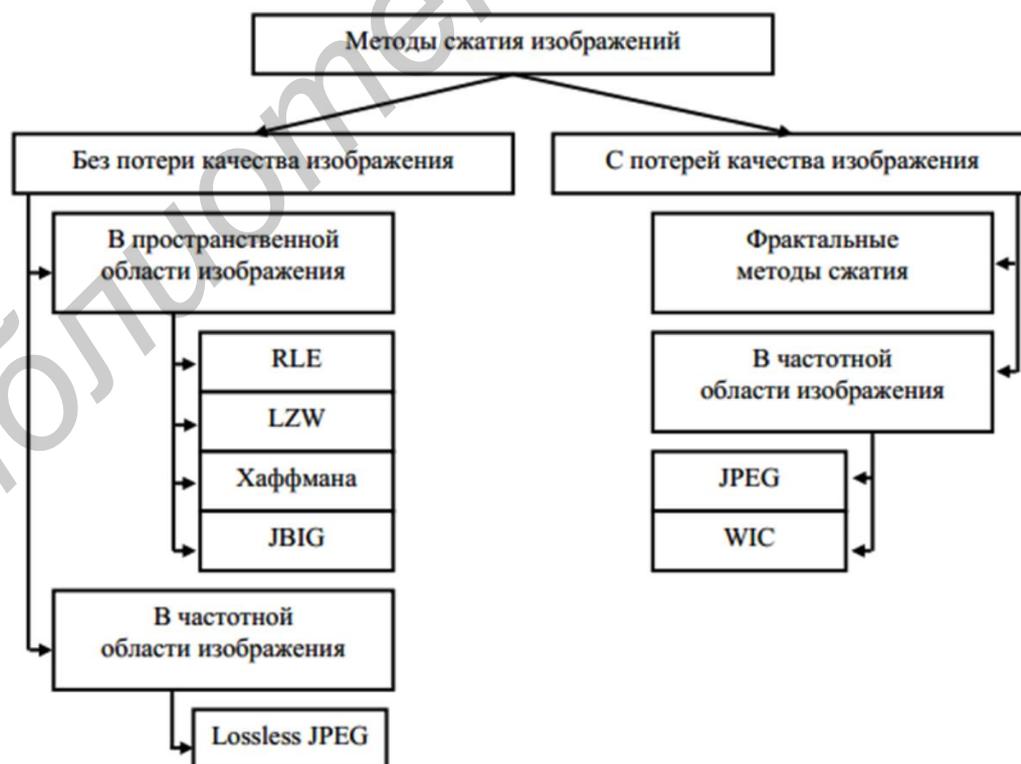


Рисунок 1 – Классификация методов сжатия изображений

Для практической реализации методов сжатия используются соответствующие алгоритмы сжатия изображений.

Общими недостатками алгоритмов сжатия являются следующие:

- низкая степень сжатия изображений;
- для некоторых изображений архивация может привести к увеличению их размера;
- сложность аппаратной и программной реализации.

Результаты исследований, проведенных в этих направлениях, отражены в работах М. М. Мирошникова, В. Р. Крашенинникова, С. В. Абламейко, К. В. Ежовой, Г. С. Ландсберга и др.

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов цифровой обработки изображений.

Одной из основных задач в области цифровой обработки изображений является задача сокращения объема памяти, занимаемой изображениями.

Для решения этой задачи могут использоваться следующие модели графических файлов:

- 1) модель графического файла IMG для хранения одного изображения в сжатом виде;
- 2) модель графического файла MIMG для хранения нескольких изображений в сжатом виде.

Модель структуры графического файла IMG представлена на рисунке 2.

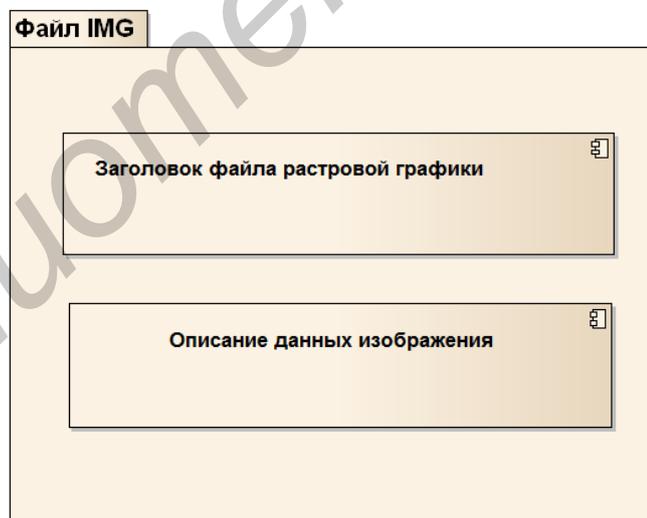


Рисунок 2 – Структура файла изображения в разработанном формате IMG

В структуре файла IMG можно выделить два основных блока: заголовок файла растровой графики и описание данных изображения. Подробное содержимое этих блоков представлено на рисунках 3-5.

Структура файла MIMG отличается от структуры файла IMG только тем, что в заголовке указываются смещение и длина сразу нескольких изображений, а в описании – данные соответствующих изображений.



Рисунок 3 – Модель структуры заголовка файла изображения в разработанном формате IMG

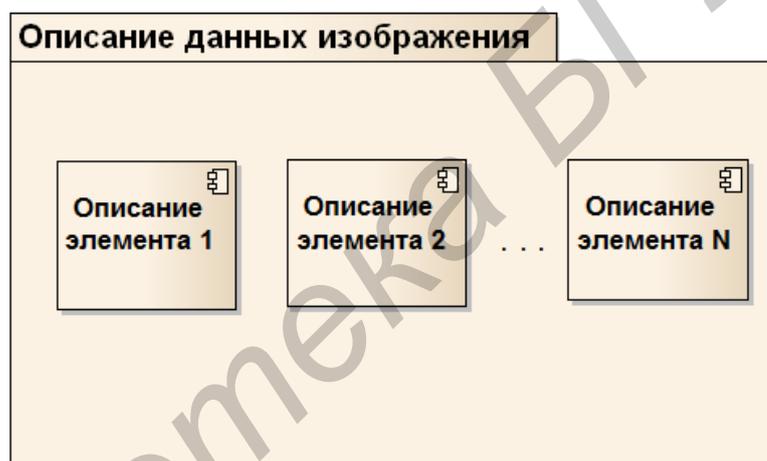


Рисунок 4 – Модель структуры описания данных файла изображения в разработанном формате IMG



Рисунок 5 – Модель структуры описания элемента данных файла изображения в разработанном формате IMG

Общий объем памяти для хранения изображения рассчитывается по формуле 1:

$$V = V_I + V_H + V_C + V_F \quad (1)$$

где V – общий объем памяти для хранения изображения;

V_H – объем памяти необходимой для хранения описания заголовка файла изображения;

V_C – объем памяти необходимой для хранения описания цветовой палитры;

V_F – объем памяти необходимой для хранения специфических данных формата файла изображения.

Для оценки для эффективности алгоритмов сжатия изображений может использоваться несколько величин.

Одной из таких величин является коэффициент сжатия изображения, который рассчитывается по формуле 2:

$$K_C = \frac{V_C}{V_S} \quad (2)$$

где K_C – коэффициент сжатия изображения;

V_S – объем файла исходного изображения;

V_C – объем файла изображения, полученного в результате сжатия.

Величина, обратная коэффициенту сжатия изображения, называется фактором сжатия изображения и рассчитывается по следующей формуле:

$$F_C = \frac{1}{K_C} \quad (3)$$

Еще одним показателем для оценки эффективности алгоритмов сжатия изображений такая величина, как изменение объема файла в результате сжатия, рассчитываемая по формуле 4:

$$D_C = 100 * \frac{V_S - V_C}{V_S} \quad (4)$$

Для работы с представленными моделями могут использоваться следующие алгоритмы:

- 1) алгоритм компрессии цифровых изображений;
- 2) алгоритм декомпрессии цифровых изображений.

Алгоритм компрессии цифровых изображений предназначен для преобразования исходного графического файла в формате BMP в графический файл одного из разработанных форматов (IMG, MIMG),

позволяющих хранить изображения в компактном виде. Среди основных достоинств алгоритма можно выделить следующие:

- 1) относительно высокие коэффициенты сжатия;
- 2) возможность представления изображения в компактном виде в одном из разработанных форматов (IMG, MIMG).

Алгоритм декомпрессии цифровых изображений предназначен для преобразования графического файла в одном из разработанных форматов (IMG, MIMG) в графический файл в формате BMP. Среди основных достоинств алгоритма можно выделить следующие:

- 1) потери в результате выполнения операций компрессии и декомпрессии не существенны;
- 2) возможность получения исходного изображения в формате BMP на основании графического файла в одном из разработанных форматов (IMG, MIMG).

В третьей главе произведено экспериментальное исследование разработанных моделей и алгоритмов.

На рисунке 6 представлен общий вид обобщённой модели предметной области цифровой обработки изображений.

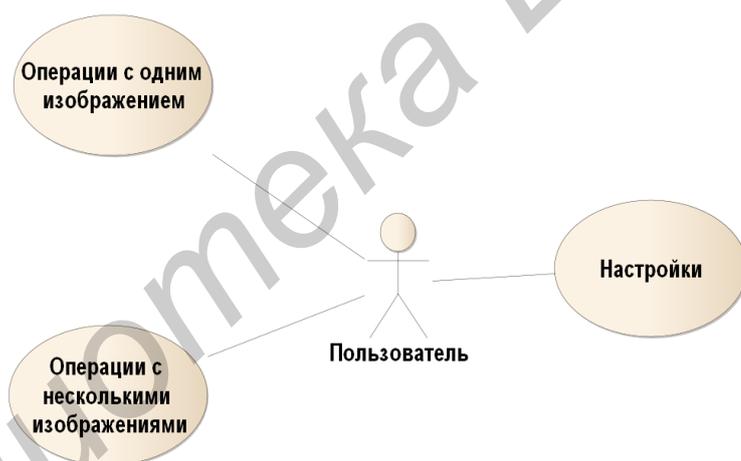


Рисунок 6 – Обобщённая модель предметной области цифровой обработки изображений

Как видно из рисунка 6, в данной предметной области используются 1 актёр – любой конечный пользователь, участвующий в цифровой обработке изображений.

У пользователя все операции разделены на предназначенные для работы с одним изображением, работы с несколькими изображениями. К таким операциям относятся: выбор изображений, просмотр, печать, сохранение, экспорт и операции компрессии и декомпрессии, алгоритмы для которых разработаны во второй главе. Операции для работы с несколькими изображениями включают в себя, помимо рассмотренных, функции добавления и удаления изображений из файла, в котором содержится

несколько изображений. Также пользователю доступна функция настроек, для задания начальных установок и параметров системы.

Экспериментальные исследования и оценку разработанных моделей графических файлов следует производить на примере разработанного алгоритма сжатия цифрового изображения. В качестве исходных файлов используются черно-белые 24-битные изображения с разрешением 640x480.

В таблице 1 приведены общие результаты исследования модели графического файла IMG и алгоритма сжатия.

Таблица 1 – Результаты исследования модели графического файла IMG и алгоритма сжатия

Модель файла изображения	Объем занимаемой памяти V, килобайт	Коэффициент сжатия K_C	Фактор сжатия F_C	Изменение объема в результате сжатия D_C , %
BMP	900	–	–	–
IMG	258	0.2867	3.488	71.33

А в таблице 2 приведены общие результаты исследования модели графического файла MIMG и алгоритма сжатия.

Таблица 2 – Результаты исследования модели графического файла MIMG и алгоритма сжатия

Модель файла изображения	Объем занимаемой памяти V, килобайт	Коэффициент сжатия K_C	Фактор сжатия F_C	Изменение объема в результате сжатия D_C , %
BMP	1800	–	–	–
TIFF	1803	1.0017	0.998	- 0.17
IMG	358	0.1989	5.028	80.11

На основании приведенных в таблицах данных можно сделать вывод о том, что для выбранных для исследования изображений использование разработанного алгоритма сжатия и моделей файла IMG и MIMG позволило сэкономить более 71% и 80 % памяти, необходимой для хранения изображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана математическая модель, позволяющая оценить эффективность применения конкретного алгоритма сжатия цифровых изображений и рассчитать объем памяти, занимаемой изображениями в зависимости от типов графических файлов и способов описания изображений.

2. Разработаны и проанализированы различные модели графических файлов, позволяющие хранить как одно, так и несколько изображений в одном файле.

3. Разработаны алгоритмы цифровой обработки изображений: алгоритм компрессии изображений и алгоритм декомпрессии изображений – отличающиеся тем, что они позволяют сжимать изображения в графические файлы разработанных форматов и восстанавливать исходные изображения из графических файлов данного типа.

4. Предложены модели структуры программного средства цифровой обработки изображений, реализующего разработанные модели и алгоритмы.

5. Экспериментально проверено, что применение разработанных моделей файлов для хранения изображений и алгоритмов компрессии и декомпрессии изображений позволяет значительно уменьшить объем памяти, необходимый для хранения изображений.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки программных средств, выполняющих различные операции над изображениями. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем, в которых информация имеет характер изображений.

2. Разработанные модели графических файлов могут использоваться для хранения изображений в компактной форме, а математическая модель может применяться для принятия решения о целесообразности использования того или иного алгоритма сжатия изображений.

3. Результаты работы могут использоваться при подготовке студентов и аспирантов, обучающихся по различным направлениям современных информационных технологий; персонала, специализирующегося на цифровой обработке изображений; программистами; пользователями различных графических пакетов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Лабанович, Д. А. Использование цифровой обработки изображений в обучающих системах / Д. А. Лабанович, Л. А. Глухова // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: Материалы VII Международной научно-методической конференции (Минск, 20-21 ноября 2014). – Минск: БГУИР, 2014. – С. 181-182.

2. Лабанович, Д. А. Методы цифровой обработки и форматы хранения изображений / Д. А. Лабанович // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 4: Компьютерные системы и сети: материалы конф. (Минск, 13-17 апреля 2015). – Минск: БГУИР, 2015. – С. 50.

3. Лабанович, Д. А. Анализ методов цифровой обработки изображений / Д. А. Лабанович, Л. А. Глухова // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы XVIII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов (Гомель, 23-25 марта 2015). – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – Ч. 1. – С. 173-174.

4. Лабанович, Д. А. Графические файлы и методы их обработки в обучающих системах / Д. А. Лабанович, Л. А. Глухова // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы IX междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 3-4 декабря 2015 года). – Минск: БГУИР, 2015. – С. 265.

Библиотека БГУИР