

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

УДК 004.383

Сухоруков
Дмитрий Геннадьевич

Анализ и оценка эффективности методов сжатия графической информации

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель
Ярмолик В.Н.
д.т.н., профессор

Минск 2017

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Задача обработки цифровых изображений возникла с развитием вычислительной техники во второй половине XX века. Аналоговый сигнал, полученный в каждом пикселе ПЗС матрицы, преобразовывается в цифровой формат. Ресурсные ограничения устройств требуют обработки, хранения и передачи цифровых изображений в как можно более компактном виде. Компактного представления изображений добиваются за счёт алгоритмов сжатия. Для обеспечения высокого сжатия зачастую приходится жертвовать качеством изображения. Каждое устройство предварительно настраивают на определённый уровень качества и сжатия получаемого изображения в зависимости от решаемых задач.

В современном обществе всё чаще приходится иметь дело с мобильными или стационарными пунктами фото или видео фиксации. Они позволяют вести учёт и контроль на обозреваемой территории в автоматическом режиме. Например, системы распознавания автомобильных номерных знаков активно внедряются на практике, что позволяет оперативно выявлять правонарушителя и вести учёт автотранспорта. В этом случае достаточно иметь качество изображения, гарантирующее считывание гос. номера транспортного средства.

Наряду с разработкой цифровых устройств для гражданских нужд, активно развивается военная отрасль. Беспилотная техника становится нормой в боевых условиях. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) используются для мониторинга ситуации в приграничных районах государства или над проблемной территорией. БПЛА активно применяются в разведке, рекогносцировке, целенаправлении и других операциях. От скорости и качества передаваемой информации зависят принимаемые решения и, как следствие, исход военной или спасательной операции. Поэтому здесь даже незначительные улучшения в алгоритмах сжатия высоко ценятся.

Проблемы сжатия изображений сейчас активно исследуются в научной литературе. Сжатие достигается за счёт естественной избыточности изображения. Выделяют три вида избыточности: визуальная, межэлементная и кодовая. Визуальная избыточность связана с особенностями человеческого восприятия изображения. Межэлементная избыточность возникает из-за естественной близости яркостей соседних точек и, как следствие, высокой коррелированности. Кодовая избыточность возникает из-за неравномерного распределения уровней яркости изображения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка методов и алгоритмов сжатия графической информации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

Объектом исследования являются графическая информация.

Предметом исследования является методы и алгоритмы сжатия графической информации.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность сокращения объема памяти, занимаемого графической информацией за счет снижения количества высокочастотных составляющих 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 «Разработка моделей, методов, алгоритмов, повышающих показатели проектирования, внедрения и эксплуатации программных средств для перспективных платформ обработки информации, решения интеллектуальных задач, работы с большими массивами данных и внедрение в современные обучающие

комплексы» (ГБ № 16-2004, № ГР 20163588, научный руководитель НИР – Н. В. Лапицкая).

Личный вклад соискателя

Результаты, приведённые в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя В. Н. Ярмолика заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на I международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и современное общество» (Москва, Россия, 2017); 52-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2016);

Опубликованность результатов диссертации

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

Структура и объем диссертации

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

В первой главе представлен анализ предметной области, проведено исследование существующих способов представления графической информации, приведена классификация существующих критериев оценки качества графической информации и проведено исследование существующих алгоритмов сжатия графической информации.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма сжатия графической информации, позволяющей улучшить эффективность применения алгоритмов сжатия JPEG на цифровых изображениях.

В третьей главе предложена практическая реализация программного средства, предназначенного для сокращения объема памяти, занимаемой графической информацией.

В четвёртой главе произведена экспериментальная оценка разработанных алгоритмов.

Общий объем работы составляет 69 страниц, из которых основного текста – 61 страница, 33 рисунка на 25 страницах и список использованных источников из 31 наименования на 3 страницах.

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** описаны основные понятия данной предметной области. Проведён литературный анализ современных методов сжатия графической информации. Были названы основные определения и термины области, охарактеризованы ключевые понятия. Рассмотрены существующие методы и подходы к сжатию графической информации.

Также проведён анализ существующих критериев оценки качества сжатия графической информации. Существует несколько популярных критериев оценки: среднее квадратичное отклонение (СКО), отношения сигнал/шум (ПОСШ), универсальный индекс качества изображения (UQI), индекс структурного подобия (SSIM), индекс структурного подобия информационного контента (IW-SSIM) и критерий достоверности визуальной информации (VIF). Критерий VIF используется в данной работе как самый лучший из рассмотренных критериев.

Данная глава заканчивается формулировкой задач, которые необходимо выполнить в данной диссертации. Эти задачи включают в себя: проведение исследования для сравнительной оценки различных методов на возможность сжатия изображений с потерями и без потерь, разработка усовершенствованного метода сжатия графической информации основанного на стандарте JPEG, проведение экспериментального исследования и оценки полученных результатов.

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов сжатия изображений. В настоящее время самым используемым алгоритмом сжатия является кодек JPEG, основанный на дискретном косинусном преобразовании (ДКП). Сейчас алгоритм сжатия JPEG является фактическим стандартом, поддерживаемым многочисленными аппаратными и программными системами цифровой обработки, хранения и передачи изображений.

Стандарт JPEG был принят около 20 лет назад и рассчитан на возможности аппаратуры того времени. Как известно увеличение мощности вычислительной техники приводило к пересмотру и совершенствованию численных алгоритмов. Развитие ПЗС матриц (увеличение количества пикселей) также ставит вопрос о

пересмотре алгоритмов цифровой обработки изображения. Один из таких вопросов – оптимальный размер блоков для ДКП в кодеке JPEG. Если объём ПЗС матрицы мал, то мелкие детали изображения описываются всего несколькими пикселями, а если объём ПЗС матрицы велик, то мелкие детали описываются большим числом пикселей. Таким образом разумным представляется выбирать размер блока разбиения в зависимости от объёма ПЗС матрицы. В данной работе на примере предложенного алгоритма показано, что в этом случае можно получить более хорошее сжатие изображения.

ДКП в кодеке JPEG реализуют на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ) [27], что обеспечивает логарифмическую сложность алгоритма. БПФ успешно реализуется для размеров блоков $B = 2^k, k \in N$. При других размерах блока БПФ либо вообще невозможно, либо становится гораздо более сложным.

Для квадратного изображения размером $S \times S$ пикселей разбитого на блоки $B \times B$ пикселей трудоёмкость составляет:

$$const \left(\frac{S}{B}\right)^2 B \log(B) \quad (1)$$

Видно, что эта функция убывает, как $\log(B) / B$, то есть почти как B^{-1} . Поэтому переход от стандартных блоков 8×8 к большим блокам даёт экономию, приведённую на рисунке 1. Видно, что это большая экономия, быстро возрастающая с увеличением размера блоков.

Таким образом, оценки как погрешности вычислений, так и трудоёмкости алгоритма убедительно указывают на преимущество больших блоков.

Размер блока, пикселей	8 x 8	16 x 16	32 x 32	64 x 64	128 x 128
Экономия, раз	1.0	1.5	2.4	4.0	6.8

Рисунок 1 – Уменьшение сложности ДКП для блоков разного размера

В данной главе предложена реализация алгоритма JPEG обобщающая алгоритм JPEG на блоки большего размера. Фактически алгоритм поддерживает работу с блоками от 8×8 до 128×128 .

В **третьей главе** разрабатывается архитектура программного средства, функциональные требования, предъявляемые к системе, а также определяются основные процессы её работы. Приведен краткий анализ целевой платформы, а также языка и среды программирования для реализации разрабатываемого программного средства. Также в данной главе представлены блок-схема алгоритма, вычисления матрицы квантования рассмотренной во второй главе.

В кодеке JPEG матрица квантования рассчитана на блоки фиксированного размера 8 x 8 пикселей. Матрица квантования определяет качество и сжатие получаемого изображения. Чтобы влиять на качество и сжатие, элементы матрицы домножают на коэффициент, задаваемый пользователем.

Стандартная матрица обладает следующими недостатками:

- 1) значения $q_{i,j}$ в правом нижнем углу матрицы немонотонно зависят от индексов i и j ;
- 2) не приведено способа обобщения матрицы на блоки произвольного размера.

Алгоритм разработанный в данной главе лишён данных недостатков так-как он разработан с возможностью задания размерности матрицы и всем внутренним элементам матрицы приписываются значения граничных, расположенных на той же побочной диагонали, как при «зигзаг» упорядочивании.

В **четвёртой главе** производилась экспериментальная оценка разработанного алгоритма сжатия графической информации. Тестирование производилось на 12 разнородных чёрно-белых изображениях из базы KODAK, где каждое изображение представлено в четырёх размерах: 0.2, 0.4, 1.6, и 6.3 мегапикселя. Степень сжатия оценивалась по отношению размера исходного файла в байтах к размеру полученного файла. Качество полученного изображения оценивалось по критерию VIF; ранее было показано, что этот критерий является лучшим из современных.

Важнейшие результаты расчётов представлены на рисунке 2. На нём показан средний выигрыш в сжатии для больших блоков в зависимости от качества, сжатого изображения. Семейство сплошных линий на графике соответствуют блокам 16 x 16, пунктирных – блокам 32 x 32 (в обоих случаях выигрыш даётся по отношению к блокам 8 x 8). Каждая линия семейства соответствует определённому объёму исходного изображения; этот объём указан в мегапикселях около каждой кривой. Кривые показывают выигрыш в сжатии, усреднённый по 12-и изображениям.

Анализ полученных результатов подтверждает предположение об эффективности перехода на блоки большего размера. Поэтому можно дать рекомендации по выбору размера блока в зависимости от объёма исходного изображения, они приведены на рисунке 3. Видно, что с учётом перспективного роста объёмов ПЗС матриц, всё большую практическую ценность будут приобретать варианты алгоритма с блоками размерностью до 128 x 128.

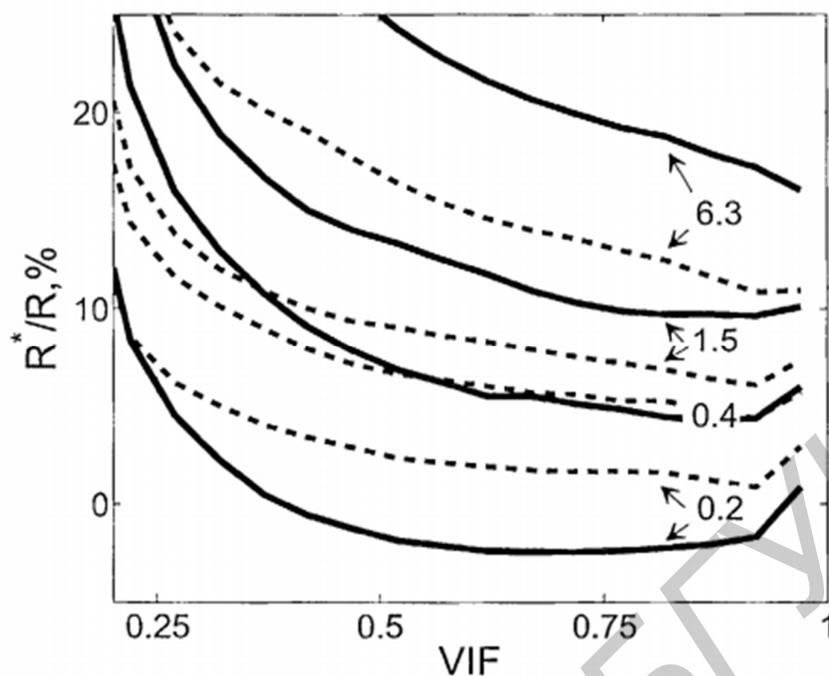


Рисунок 2 – Средний выигрыш в сжатии по 12 изображениям для блоков 16 x 16 (пунктирная линия) и 32 x 32 (сплошная линия). Числовые значения около кривых – объем изображения в мегапикселях.

Объем изображения, Мп	< 0.2	0.2 - 1	1 - 5	5 - 25	> 25
Размер блока	8 x 8	16 x 16	32 x 32	64 x 64	128 x 128

Рисунок 3 – Рекомендуемый размер блоков для модифицированного JPEG

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Проанализированы основные понятия и подходы в области работы с графической информацией. Были рассмотрены основные критерии качества графической информации.
2. Разработаны и проанализированы различные методы сжатия графической информации, позволяющие производить сжатие как с потерями, так и без потерь.
3. Разработана модификация алгоритма сжатия графической информации JPEG. Преимуществом предложенной реализации является выигрыш в скорости сжатия графической информации и уменьшение объема памяти необходимого для хранения изображения.

4. Предложены модели структуры программного средства сжатия графической информации, реализующего разработанные модели и алгоритмы.

5. Экспериментально проверено, что применение разработанной модификации JPEG для сжатия графической информации позволяет ускорить процесс сжатия и 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 операции сжатия графической информации. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем, в которых информация имеет графический характер.

2. Разработанный алгоритм сжатия графических файлов может использоваться для представления графической информации в компактной форме, а математическая модель может применяться для принятия решения о целесообразности использования того или иного алгоритма сжатия графической информации.

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-А. Сухоруков, Д. Г. Методы сжатия графической информации / Д. Г. Сухоруков // Компьютерные системы и сети: материалы 52-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. – Минск: БГУИР, 2016. – с. 51-52.

2-А. Сухоруков, Д. Г. Оценка влияния размера матрицы квантования на качество сжатия в алгоритме JPEG / Д. Г. Сухоруков // Сборник научных трудов по материалам I международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и современное общество». – Москва, 2017. – с. 343 - 354.