

Улучшение характеристик алгоритма компрессии изображений JPEG

автор:

научный руководитель:

рецензент:

Косогоров Олег

проф. Демьянович Ю. К.

проф. Ермаков С.М.

Содержание

1. Введение

- тема работы, постановка задач, их актуальность, полученные результаты

2. Классификация изображений

3. Распараллеливание JPEG

4. Применение вейвлетного разложения

5. Заключение

Актуальность задачи компрессии изображений.

- Причины востребованности алгоритмов компрессии изображений (АКИ)
 - Несжатые статические растровые изображения занимают много места в памяти
 - Разработка форматов изображений для передачи по каналам связи с ограниченной пропускной способностью с минимальными задержками
- Особенности изображений, позволяющие создавать для них специальные АКИ
 - Физиологические особенности человеческого зрения
 - Малое изменение цвета и структуры изображения на небольшом участке

Проблемы сравнения эффективности различных АКИ

1. Отсутствие чёткой (с точки зрения математики) классификации изображений
 2. Сложности при выборе «хороших» критериев оценки качества изображения, которые необходимы для проведения сравнения АКИ с потерей качества
- Также необходимо учитывать требования конкретного приложения к АКИ

Цели работы

1. Построение классификации изображений (для получения возможности сравнения эффективности различных АКИ).
2. Исследование возможности улучшения характеристик АКИ JPEG:
 - Распараллеливанием данного алгоритма
 - Применением вейвлетного разложения

Актуальность поставленных задач

1. Сравнение эффективности АКИ
 - получение возможности выбора наиболее эффективного АКИ в каждом конкретном случае
2. Распараллеливание JPEG
 - улучшение скоростных характеристик алгоритма при использовании многопроцессорных машин
 - возможность эффективного применения алгоритма на процессорах с многоядерной архитектурой
3. Применение вейвлетного разложения
 - возможно улучшение некоторых характеристик алгоритма (скорость, качество-сжатие)
 - возможность прогрессивной (с постепенным увеличением детализации) распаковки

Результаты

- В работе получены и изложены следующие результаты:
 - 1) Вводится аппарат для математического описания работы с изображениями
 - 2) Вводится классификация изображений для возможности сравнения эффективности различных АКИ.
 - 3) Исследуется возможность использования в АКИ вейвлетного разложения.
 - 4) Исследуется возможность распараллеливания АКИ JPEG, связанная с внутренней структурой данного алгоритма.

Определение изображения

- Будем называть *растровым статическим изображением размера $m \times n$ с точностью дискретизации k (или просто k -изображением)* любой набор

$$p = \{A, B, C\}$$

A, B, C – матрицы размера $m \times n$ ($m, n \in \mathbb{N}$), каждый элемент которых является целым числом от 0 до 2^{k-1}

$$k \in \mathbb{N}$$

точность дискретизации

$$P_{k,m,n}$$

множество k -изображений размера $m \times n$

$$P = \{P_{k,m,n}\}_{k,m,n \in \mathbb{N}}$$

множество всех изображений

Пример классификации

- Пример разбиения множества всех изображений P на классы $K_l(q)$

$$p \in K_l(q) \Leftrightarrow \begin{cases} |a_{ij+1} - a_{ij}| \leq C_l & \forall i = \overline{1, m}; \\ |b_{ij+1} - b_{ij}| \leq C_l & \forall j = \overline{1, (n-1)}; \\ |c_{ij+1} - c_{ij}| \leq C_l & i, j \in \mathbb{N} \\ p \notin K_{l-1}(q) \end{cases}$$

$$q \in \mathbb{Z}; \quad q \in \{1, \dots, 2^{k-1} - 1\} \quad q - \text{шаг разбиения на классы}$$

$$l \in \mathbb{Z}; \quad l = \overline{1, \left\lceil \frac{2^{k-1}}{q} \right\rceil}; \quad C_l = l \cdot q$$

Функционирование JPEG

1. Перевод изображения из цветовой модели **RGB** в модель **YCbCr**.
2. Разбиение изображения на рабочие матрицы дискретного косинусного преобразования (ДКП) (DCP – Discrete Cosine Transform). Дискретизация.
3. Применение ДКП к каждой рабочей матрице.
4. Квантование.
5. «Зигзаг» - сканирование.
6. Применение алгоритма группового кодирования (RLE - сжатие).
7. Кодирование по Хаффману.

Распараллеливание JPEG:

ВЫВОДЫ

- последовательные схемы вычисления алгоритма JPEG позволяют адаптировать его к параллельному без разработки специальных новых алгоритмов
- при параллельном исполнении алгоритма достигается многократное ускорение вычислений в широком диапазоне изменения числа процессоров

Применение вейвлетного разложения

- В алгоритме сжатия JPEG применяется дискретное косинусное преобразование (ДКП), которое является инструментом гармонического анализа.
- Идея гармонического анализа – представить сигнал в виде суммы гармонических колебаний.
- Частоте соответствует понятие «уровень детализации». Высокие частоты отвечают за передачу мелких деталей, низкие частоты – за передачу крупных.
- Идея вейвлет-анализа – представить данные в виде грубого приближения и детализирующей информации.
 - детализирующей информации тем больше, чем выше уровень детализации (частота)
- Преимущества вейвлет-сжатия:
 - адаптация к особенностям конкретного сигнала
 - возможность прогрессивной (с постепенным увеличением детализации) и локальной распаковки

Теория вейвлетного разложения

В линейном пространстве X выделена цепочка линейных подпространств

$$V^0 \subset V^1 \subset V^2 \subset \dots \subset V^S \subset \dots \subset V^{(\infty)} \subset X \quad (1)$$

$$W^S = \left\{ w \mid w = f - P^S f, f \in V^{S+1} \right\} \quad \text{прямое дополнение к } V^S \text{ в } V^{S+1}$$

P^S - операция проектирования на подпространство V^S

$$P^S f = \sum_{i \in I^S} \hat{\varphi}_i^{(s)}(f) \varphi_i^{(s)}; S \in \mathbb{N}_0^+; f \in X$$

$$V^{S+1} = V^S \oplus W^S$$

$$V^{(\infty)} = V^0 \oplus W^0 \oplus W^1 \oplus \dots \subset X \quad (2)$$

$$f \in V^{(\infty)} \Rightarrow f = P^0 f + Q^0 f + Q^1 f + \dots \quad (3)$$

$Q^S = I - P^S$ - операция проектирования на подпространство W^S

Определения

$\left\{\varphi_i^{(s)}\right\}_{i \in I^s}$ - базис в пространстве V^s

$\left\{\hat{\varphi}_{i'}^{(s)}\right\}_{i' \in I^s}$ - биортогональная к нему система функционалов: $\hat{\varphi}_{i'}^{(s)}\left(\varphi_i^{(s)}\right)=\delta_{i,i'}$

W^s называются *пространствами всплесков (вейвлетов)*

равенства (1) называются *калибровочными соотношениями*

разложения (2), (3) называются *всплесковыми (вейвлетными) разложениями*

совокупность объектов $X, V^s, W^s, P^s, Q^s, \left\{\hat{\varphi}_{i'}^{(s)}\right\}, \left\{\varphi_i^{(s)}\right\}, S \in \mathbb{N}_0^+$

подчинённых перечисленным требованиям, называется *всплесковой (вейвлетной) цепочкой* и обозначается

$$W = W\left(X, V^s, W^s, P^s, Q^s, \left\{\hat{\varphi}_{i'}^{(s)}\right\}, \left\{\varphi_i^{(s)}\right\}, S \in \mathbb{N}_0^+\right)$$

Заключение

□ Результаты и возможности дальнейшего развития:

- В работе построено несколько вариантов классификации изображений. Их можно усовершенствовать:
 - Выбор наиболее «адекватной» меры уклонения (критерия, по которому будет производиться разбиение на классы), т.е. разбиение на классы должно иметь практический смысл с точки зрения применения АКИ.
 - Использование при классификации нескольких мер уклонения; основная задача при этом — выбор таких мер уклонения, которые отвечают за разные структурные особенности изображения и т.о. дополняют друг друга, а не просто усложняют классификацию.
- В работе показана возможность эффективного распараллеливания АКИ JPEG. Следующим этапом при продолжении данной темы может стать практическая программная реализация распараллеливания алгоритма и сравнение результатов работы этой реализации с результатами работы стандартного алгоритма.
- В работе изложена теория вейвлетного разложения, которое можно применить для компрессии изображений. В качестве дальнейшего продолжения данной темы предполагается практическая реализация изложенной теории в виде создания нового АКИ.