**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Черкаський державний технологічний університет

Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

**ЗВІТ**

з дисципліни «Основи інтеграції інформаційних потоків»

з лабораторної роботи № 4

|  |  |
| --- | --- |
| Перевірив: | Виконав: |
| д. т. н., проф., зав. кафедри ПЗАС  Первунінський С.М.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | студентка групи МПЗ-1904  Кисельов В.С.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**Черкаси 2020**

**Тема:** алгоритм стиснення JPEG.

**Мета:** вивчення алгоритму стиснення, JPEG оцінка якості стисненого зображення

**Завдання:**

Целью лабораторной работы является изучение алгоритма сжатия JPEG, оценка качества сжатого изображения и определение наилучшего фактора качества для заданных изображений. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо:

1 Подготовить 2 маски квантования в соответствии с факторами качества, заданными в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Варианты факторов качества N

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бригады | 1 | 2 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 |  |
| Худший | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |  |
| Лучший | 83 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 97 | 99 |  |

2 Запустить с рабочего стола файл JPEG\_Compression. Для начала работы нажать кнопку «Пуск», выбрать рисунок, соответствующий номеру бригады, а затем ввести маску квантования. Полученные на экране данные свести в таблицу вида табл. 1.2:

Таблица 1.2 - Итоги выполнения лабораторной работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор  качества | Размер файла, байт | | Коэффициент сжатия | Оценка качества | | | |
|  | исходного | сжатого |  | СКО | МО | ОСIII | Субъективная |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Сжатие необходимо провести для двух факторов качества, заданных в таблице 1.1, а также индивидуально для каждого члена бригады в соответствии с заданием к практическому занятию. Коэффициент сжатия рассчитывается самостоятельно. Субъективная оценка сжатия производится по изображению «Отклонение».

3 Изменяя маску квантования, найти фактор качества, соответствующий субъективной оценке «5», при котором сжатие будет максимально. Данные добавить в таблицу 1.2.

1.1 Ключевые положения

В 1986 году подгруппой ССITT были начаты исследования методов сжатия цветных и полутоновых данных для факсимильной связи. Применяемые при этом методы сжатия цветных данных очень напоминали те, которые исследовались гpyппoй JPEG. Поэтому было принято решение объединить ресурсы эта групп для совместной pa6oты над единым стандартом.

JPEG не был определен в качестве стандартного формата файлов изображений, однако на его основе былисозданы новые или модифицированные существовавшие файловые форматы. Оперирует алгоритм областями 8x8 бит, на которых яркость и цвет меняются сравнительно плавно, вследствие этого, при разложении матрицы такой области в двойной ряд по косинусам значимыми оказываются только первые коэффициенты. Таким образом, сжатие в JPEG осуществляется за счет плавности изменения цветов в изображении.

В целом алгоритм основан на дискретном косинусоидальном преобразовании (ДКП), которое является разновидностью дискретного преобразования Фурье, применяемом к матрице изображения для получения некоторой новой матрицы коэффициентов. Для получения исходного изображения применяется обратное преобразование.

ДКП раскладывает изображение по амплитудам некоторых частот. Таким образом, при преобразовании мы получаем матрицу, в которой многие коэффициенты либо близки, либо равны нулю. Кроме того, благодаря несовершенству человеческого зрения, можно аппроксимировать коэффициенты более грубо без заметной потери качества изображения.

Для этого используется квантование коэффициентов. В самом простом случае – это арифметический побитовый сдвиг вправо. При этом преобразовании теряется часть информации, номогут достигаться большие коэффициенты сжатия.

Процесс сжатия по схеме JPEG включает ряд этапов (рис. 1.1):

* Преобразование изображения в оптимальное цветовое пространство.
* Субдискретизация компонентов цветности усреднением групп пикселей.
* Применение дискретных косинусных преобразований для уменьшения избыточности данных изображения.
* Квантование каждого блока коэффициентов ДКП с применением весовых функций, оптимизированных с учетом визуального восприятия человеком.
* Кодирование результирующих коэффициентов (данных изображения) с применением алгоритма группового кодирования и алгоритма Хаффмана для удаления избыточности информации.

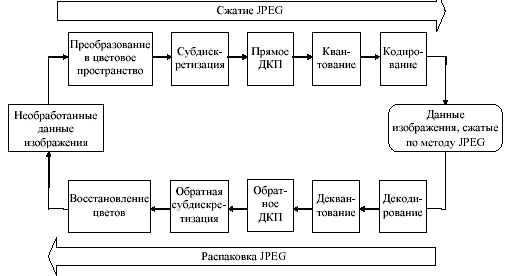


Рис. 1.1 - Структура JPEG-преобразований

Рассмотрим вкратце особенности каждого из перечисленных этапов. При этом хотелось бы обратить внимание на то, что декодирование JPEG осуществляется в обратном порядке.

***Преобразование изображения в оптимальное цветовое пространство.***

В принципе алгоритм JPEG способен кодировать изображения, основанные на любом типе цветового пространства (например, разбитии цветов на три составляющие [красный, зеленый и синий] или [яркость, хроматический красный, хроматический синий] и др.). JPEG кодирует каждый компонент цветовой модели отдельно, что обеспечивает его полную независимость от любой модели цветового пространства.

В случае применения цветового пространства яркость/цветность, например такого, как YUV или YCbCr, достигается лучшая степень сжатия. Компонента Y представляет собой интенсивность, a U(Cb) и V(Cr) - цветность (хроматический красный, хроматический синий). Эта модель может быть переведена в RGB посредством преобразования без какой-либо коррекции насыщенности. Для полутоновых изображений (в градациях серого) используется только одна составляющая Y.

Упрощенно перевод из цветового пространства RGB в цветовое пространство YCrCb можно представить таким образом:

Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B

Сг = 0.5R - 0.4184G - 0.0813В+ 128

Cb = 0.1687R-0.3313G + 0.5В +128

Обратное преобразование осуществляется так:

R=Y + 1.402Cb

G = Y- 0.34414Cr - 0.71414Cb - 128

В = Y+ 1.772СГ- 128

***Субдискретизация компонентов цветности***

Большая часть визуальной информации, к которой наиболее чувствительны глаза человека, состоит из высокочастотных, полутоновых компонентов яркости (Y) цветового пространства YCbCr. Две других составляющих цветности (СЬ и Сг) содержат высокочастотную цветовую информацию, к которой глаз человека менее чувствителен. Следовательно, определенная ее часть может быть отброшена и, тем самым, можно уменьшить количество учитываемых пикселей для каналов цветности. Например, визображении размером 1000x1000 пикселей можно использовать яркости всех 1000x1000 пикселей, но только 500x500 пикселей для каждого компонента цветности. При таком представлении каждый пиксель цветности будет охватывать ту же область, что и блок 2x2 пиксела (для яркости). В результате мы сохраним для каждого блока 2x2 всего 6 пиксельных значений (4 значения яркости и по 1 значению для каждого из двух каналов цветности) вместо того, чтобы использовать 12 значений при обычном описании. Практика показала, что уменьшение объема данных на 50% почти незаметно отражается на качестве большинства изображений.

Однако в случае общепринятых цветовых моделей типа RGB такое представление данных невозможно, поскольку каждый цветовой канал RGB несет некоторую информацию яркости и любая потеря разрешения весьма заметна.

Уменьшение разрешения каналов цветности путем субдискретизации, или усреднения групп пикселей осуществляется компрессором JPEG.

***Сегментация изображения***

Сегментация изображения применяется с целью деления его на две и более частей (подизображений). Это облегчает буферизацию данных изображения в памяти ПЭВМ, ускоряет их произвольную выборку с диска, и позволяет хранить изображения размером свыше 64x64 кб. JPEG поддерживает три типа сегментации изображений: простую, пирамидальную и комбинированную.

При *простой сегментации* изображение делится на два или более сегментов фиксированного размера. Все простые сегменты кодируются слева направо и сверху вниз, являются смежными и не перекрывающимися. Сегменты должны иметь одинаковое количество выборок и идентификаторов компонентов, и быть закодированными по одной схеме. Сегменты в нижней и правой частях изображения могут быть меньшего размера, чем "внутренние" сегменты, поскольку величина изображения не обязательно должна быть кратной размерам сегмента.

При *пирамидальной сегментации* изображение также делится на сегменты, а каждый из них, в свою очередь, – на еще более мелкие сегменты. При этом используются различные уровни разрешения. Моделью такого процесса является сегментированная пирамида изображении JPEG (JPEG Tiled Image Pyramid. JTIP), отражающая процедуру создания пирамидального JPEG-изображения с несколькими уровнями разрешения.

*Комбинированная сегментация* позволяет хранить и воспроизводить версии изображений с несколькими уровнями разрешения в виде мозаики. Комбинированная сегментация допускает наличие перекрывающихся сегментов разных размеров, с разными коэффициентами масштабирования и параметрами сжатия. Каждый сегмент кодируется отдельно и может комбинироваться с другими сегментами без повторной дискретизации.

Например, в случае использования сегментов размером 8х8 пикселов, для каждого блока формируется набор чисел. Первые несколько чисел представляют цвет блока в целом, в то время как последующие числа отражают более тонкие детали. Спектр деталей базируется на зрительном восприятии человека, поэтому крупные детали более заметны. На следующем этапе, в зависимости от выбранного уровня качества, отбрасывается определенная часть чисел, представляющих тонкие детали.

Таким образом, чем выше уровень компрессии, тем больше данных отбрасывается и тем ниже качество изображения. Используя JPEG можно получить файл в 1-500 раз меньше, чем формат несжатых изображений BMP.

***Дucкpemное косинусное преобразование.***

Ключевым компонентом работы алгоритма является дискретное косинусное преобразование. Дискретное косинусное преобразование представляет собой разновидность преобразования Фурье и, так же как и оно, имеет обратное преобразование. Графическое изображение можно рассматривать как совокупность пространственных волн, причем оси X и Y совпадают с шириной и высотой картинки, а по оси Z откладывается значение цвета соответствующего пикселя изображения. Дискретное косинусное преобразование позволяет переходить от пространственного представления картинки к ее спектральному представлению и обратно. Воздействуя на спектральное представление картинки, состоящее из "гармоник", то есть, отбрасывая наименее значимые из них, можно балансировать между качеством воспроизведения и степенью сжатия. При этом образуется матрица, в которой коэффициенты в левом верхнем углу соответствуют низкочастотной составляющей изображения, а в правом нижнем – высокочастотной.

Это преобразование можно представить так:

 (1.1)

где

 (1.2)- гармоника сигнала,

* -l* (1.3) *-* постоянная составляющая.

Выражение для обратного преобразовании матрицы «гармоник», применяемое при распаковке изображения записывается и виде

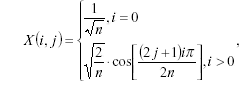
. (1.4)

По определению дискретного косинусного преобразования для его реализации требуется два вложенных цикла, и тело циклов будет выполняться *n\*n* раз для каждого элемента матрицы дискретного косинусного преобразования. Значительно более эффективный вариант вычисления коэффициентов дискретного косинусного преобразования реализован через перемножение матриц. В этом случае схему вычисления частотных коэффициентов матрицы *Y* целесообразно представить в виде умножения матриц в соответствии с отношением

** (1.5)

где *у -* матрица исходного изображения.

*Х* - матрица постоянных коэффициентов косинусного преобразования размера *n\*n* , значения элементов которой вычисляются по формуле

** (1.6)

*ХТ -* транспонированная матрица *Х*.

Этот вариант реализации ДКП более привлекателен еще и потому, что современные архитектуры многопроцессорных вычислителей выполняют стандартные матричные операции умножения и транспонирования. При перемножении двух матриц размера *п\*п* для вычисления одного элемента результирующей матрицы необходимо выполнить *п* умножений и *п* сложений.

***Квантование****.*

Дискретное косинусное преобразование представляет собой преобразование информации без потерь и не осуществляет никакого сжатия. Напротив, дискретное косинусное преобразование подготавливает информацию для этапа сжатия с потерями или округления. Округление представляет собой процесс уменьшения количества битов, необходимых для хранения коэффициентов матрицы дискретного косинусного преобразования за счет потери точности. Стандарт JPEG реализует эту процедуру через матрицу квантования. Для каждого элемента матрицы дискретного косинусного преобразования существует соответствующий элемент матрицы квантования. Результирующая матрица получается делением каждого элемента матрицы дискретного косинусного преобразования на соответствующий элемент матрицы квантования и последующим округлением результата до ближайшего целого числа.

 (1.7)

где Е[ ] - целая часть от деления.

*q*[*u. v*] *-* матрица квантования.

Как правило, значения элементов матрицы квантования растут по направлению слева направо и сверху вниз. От выбора матрицы квантования зависит баланс между степенью сжатия изображения и его качеством после восстановления. Стандарт JPEG позволяет использовать любую матрицу квантования, однако ISO разработала набор матриц округления.

На этом этапе большинство JPEG-компрессоров управляются с помощью установки качества. Компрессор использует встроенную таблицу, рассчитанную на среднее качество, и наращивает или уменьшает значение каждого элемента таблицы обратно пропорционально требуемому качеству. Применяемые таблицы квантования записываются в сжатый файл, чтобы декомпрессор знал, как восстановить коэффициенты ДКП.

С квантованием связаны и специфические эффекты алгоритма. При больших значениях фактора качества потери в низких частотах могут быть настолько велики, что изображение распадется на квадраты 8x8. Потери в высоких частотах могут проявиться в так называемом "эффекте Гиббса", когда вокруг контуров с резким переходом цвета образуется своеобразный "нимб".

***Кодирование***

Переводим матрицу 8x8 в 64-элементный вектор при помощи "зигзаг" -сканирования, т.е. берем элементы с индексами (0.0). (0,1), (1.0). (2.0)...

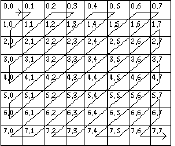


Рис. 1.2 - "Зигзаг " - сканирование матрицы.

Таким образом, в начале вектора мы получаем коэффициенты матрицы, соответствующие низким частотам, а в конце — высоким.

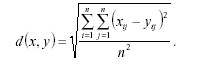
Заключительная стадия работы кодера JPEG - это собственно кодирование. Оно включает три действия над округленной матрицей дискретного косинусного преобразования, для того, чтобы повысить степень сжатия.

Первое действие - это замена абсолютного значения коэффициента, расположенного в ячейке (0,0) матрицы, на относительное. Так как соседние блоки изображения в значительной степени "похожи" друг на друга, го кодирование очередного (0,0) элемента как разницы с предыдущим дает меньшее значение.

Коэффициенты матрицы дискретного косинусного преобразования обходятся зигзагом. После чего нулевые значения кодируются с использованием алгоритма кодирования повторов (RLE), а потом результат обрабатывается с помощью "кодирования энтропии", то есть алгоритмов Хаффмана или арифметического кодирования в зависимости от реализации.

***Оценка потерь качества***

Одна из серьезных проблем машинной графики заключается в том, что до сих пор не найден адекватный критерий оценки потерь качества изображения. А теряется оно постоянно — при оцифровке, при переводе в ограниченную палитру цветов, при переводе в другую систему цветопредставления для печати, и, что для нас особенно важно, при архивации с потерями. Можно привести пример простого критерия: среднеквадратичное отклонение (СКО) значений пикселов:

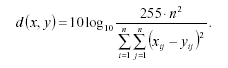
 (1.8)

По нему изображение будет сильно испорчено при понижении яркости всего на 5% (глаз этого не заметит - у разных мониторов настройка яркости варьируется гораздо сильнее). В то же время изображения со "снегом" - резким изменением цвета отдельных точек, слабыми полосами или "муаром" будут признаны "почти не изменившимися". Свои неприятные стороны есть и у других критериев. Рассмотрим, например, максимальное отклонение (МО):

** (1.9)

Эта мера, как можно догадаться, крайне чувствительна к биению отдельных пикселов. Т.е. во всем изображении может существенно измениться только значение одного пиксела (что практически незаметно для глаза), однако согласно этой мере изображение будет сильно испорчено.

Мера, которую сейчас используют на практике, называется мерой отношения сигнала к шуму (ОСШ):

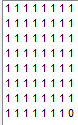
 (1.10)

Данная мера, по сути, аналогична среднеквадратичному отклонению,однако пользоваться ей несколько удобнее за счет логарифмического масштаба шкалы. Ей присуши те же недостатки, что и среднеквадратичному отклонению.

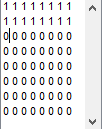
Лучше всего потери качества изображений оценивают наши глаза. Отличной считается архивация, при которой невозможно на глаз различить первоначальное и разархивированное изображения. Хорошей - когда сказать, какое из изображений подвергалось архивации, можно только сравнивая две находящихся рядом картинки. При дальнейшем увеличении степени сжатия, как правило, становятся заметны побочные эффекты, характерные для данного алгоритма. На практике, даже при отличном сохранении качества, в изображение могут быть внесены регулярные специфические изменения

**Виконання завдання**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № бригады | 8 |  |
| Худший | 16 |  |
| Лучший | 99 |  |
|  |  |  |



Маска квантування для найкращого варіанту якості



Маска квантування для найгіршого варіанту якості

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор  качества | Размер файла, байт | | Коэффициент сжатия | Оценка качества | | | |
|  | исходного | сжатого |  | СКО | МО | ОСIII | Субъективная |
| Лучший | 548856 | 134654 |  | 0.00024 | 0.2996 | 96.29 | Висока якість |
| Худший | 548856 | 71478 |  | 0.00271 | 0.5942 | 75.38 | Низька якість |

**Висновок**: під час виконання лабораторної роботи було вивчено алгоритм стискання за JPEG, дана оцінка якості стисненого зображення.