Міністерство освіти і науки України

Черкаський державний технологічний університет

Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

**ЗВІТ**

з лабораторної роботи №4

з предмету «Основи інтеграції інформаційних потоків»

|  |  |
| --- | --- |
| Перевірив:  Д. т. н., проф., зав. каф. ПЗАС  Первунінський С.М.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 р. | Виконав:  студент 1-го курсу  групи МПЗ-1904  Гаврилюк В. Є. |

Черкаси 2020

**Лабораторна робота №4**

**Тема роботи:** Алгоритм стискання даних JPEG.

**Мета роботи:** Закріпити теоретичні знання та набути навичок ефективного стискання кольорових і напівкольорових даних для факсимільного зв’язку за схемою JPEG.

**Завдання:**

Метою лабораторної роботи є вивчення алгоритму стиску JPEG, оцінка якості стислого зображення й визначення найкращого фактора якості для заданих зображень. У процесі виконання лабораторної роботи необхідно:

1. Підготувати 2 маски квантування відповідно до факторів якості, заданими в таблиці 1.

Таблиця 1 - Варіанти факторів якості N

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варіанту | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Найгірший | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| Найкращий | 83 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 97 | 99 |

1. Запустити з робочого стола файл JPEG\_Compressіon. Для початку роботи нажати кнопку "Пуск", вибрати малюнок, що відповідає номеру бригади, а потім ввести маску квантування. Отримані на екрані дані звести в таблицю виду табл. 2:

Таблиця 2 - Підсумки виконання лабораторної роботи

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор  якості | Розмір файлу, байт | | Коефіцієнт стискання | Оцінка якості | | | |
| Початкового | Стисненого | СКВ | МВ | ВСШ | Суб'єктивна |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Стискання необхідно провести для двох факторів якості, заданих у таблиці 2.1, а також індивідуально для кожного члена бригади відповідно до завдання для практичного заняття. Коефіцієнт стискання розраховується самостійно. Суб'єктивна оцінка стискання виробляється за зображенням зображенню "Відхилення".

1. Змінюючи маску квантування, знайти фактор якості, що відповідає суб'єктивній оцінці "5", при якому стискання буде максимальним. Дані додати в таблицю 2.2.

**Теоретичні відомості**

В 1986 році підгрупою ССІTT були початі дослідження методів стискання кольорових і напівтонових даних для факсимільного зв'язку. Застосовувані при цьому методи стиску кольорових даних дуже нагадували ті, які досліджувалися грyпою JPEG. Тому було ухвалене рішення об'єднати ресурси цих груп для спільної pобoти над єдиним стандартом.

JPEG не був визначений як стандартний формат файлів зображень, однак на його основі були створені нові або модифіковані існуючі файлові формати. Оперує алгоритм областями 8x8 біт, на яких яскравість і колір міняються порівняно плавно, внаслідок цього, при розкладанні матриці такої області в подвійний ряд по косинусах значимими виявляються лише перші коефіцієнти. Таким чином, стиск у JPEG здійснюється за рахунок плавності зміни кольорів у зображенні.

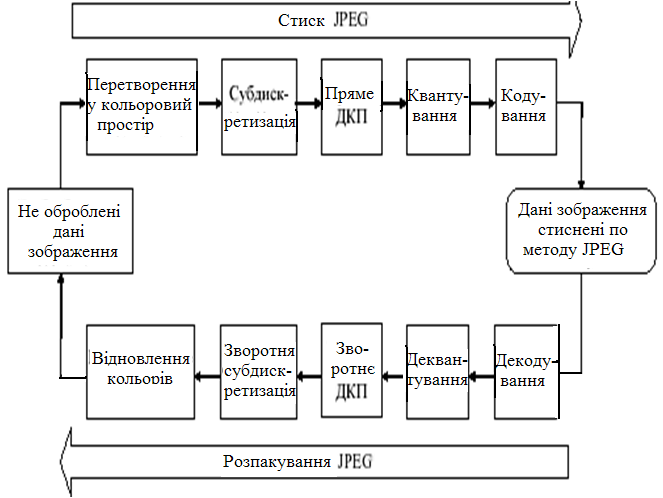
У цілому алгоритм ґрунтується на дискретному косинусоїдальному перетворенні (ДКП), що є різновидом дискретного перетворення Фур'є, застосовуваному до матриці зображення для одержання деякої нової матриці коефіцієнтів. Для одержання вихідного зображення застосовується зворотне перетворення.

ДКП розкладає зображення за амплітудами деяких частот. Таким чином, при перетворенні одержується матриця, у якій багато коефіцієнтів, близьких або рівних нулю. Крім того, завдяки недосконалості людського зору, можна апроксимувати коефіцієнти більш грубо без помітної втрати якості зображення.

Для цього використається квантування коефіцієнтів. У найпростішому випадку - це арифметичний побітовий зсув вправо. При цьому перетворенні губиться частина інформації, але досягаються більші коефіцієнти стиску.

Процес стиску за схемою JPEG включає ряд етапів (рис. 1):

* Перетворення зображення в оптимальний колірний простір.
* Субдискретизація компонентів кольоровості усередненням груп пікселів.
* Застосування дискретних косинусних перетворень для зменшення надмірності даного зображення.
* Квантування кожного блоку коефіцієнтів ДКП із застосуванням вагових функцій, оптимізованих з урахуванням візуального сприйняття людиною.
* Кодування результуючих коефіцієнтів (даного зображення) із застосуванням алгоритму групового кодування й алгоритму Хаффмена для видалення надмірності інформації.



*Рис. 1 - Структура JPEG-перетворень*

Розглянемо коротко особливості кожного з перерахованих етапів. При цьому звернемо увагу на те, що декодування JPEG здійснюється у зворотному до описаного вище порядку.

*Перетворення зображення в оптимальний колірний простір*

У принципі, алгоритм JPEG здатний кодувати зображення, що ґрунтуються на будь-якому типі колірного простору (наприклад, розбитті кольору на три складові [червоний, зелений і синій] або [яскравість, хроматичний червоний, хроматичний синій] й ін.). JPEG кодує кожен компонент колірної моделі окремо, що забезпечує його повну незалежність від будь-якої моделі колірного простору.

У випадку застосування колірного простору яскравість/кольоровість, наприклад такого, як YUV або YCbCr, досягається кращий ступінь стиску. Компонента Y являє собою інтенсивність, a U(Cb) і V(Cr) - кольоровість (хроматичний червоний, хроматичний синій). Ця модель може бути переведена в RGB за допомогою перетворення без якої-небудь корекції насиченості. Для напівтонових зображень (у градаціях сірого) використовується тільки одна складова Y.

Спрощено переклад з колірного простору RGB у колірний простір YCrCb можна представити в такий спосіб:

Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B

Сr = 0.5R - 0.4184G - 0.0813В+ 128

Cb = 0.1687R - 0.3313G + 0.5В +128

Зворотне перетворення здійснюється так:

R = Y + 1.402Cb

G = Y - 0.34414Cr - 0.71414Cb - 128

В = Y + 1.772Сr - 128

*Субдискретизація компонентів кольоровості*

Більша частина візуальної інформації, до якої найбільш чутливі очі людини, складається з високочастотних, напівтонових компонентів яскравості (Y) колірного простору YCbCr. Дві інших складові кольоровості (Сb і Сr) містять високочастотну колірну інформацію, до якої око людини менш чутливе. Отже, певна її частина може бути відкинута й, тим самим, можна зменшити кількість врахованих пікселів для каналів кольоровості. Наприклад, у зображенні розміром 1000x1000 пікселів можна використати яскравості всіх 1000x1000 пікселів, але тільки 500x500 пікселів для кожного компонента кольоровості. При такому поданні кожен піксель кольоровості буде охоплювати ту ж область, що й блок 2x2 пікселя (для яскравості). У результаті ми збережемо для кожного блоку 2x2 усього 6 піксельних значень (4 значення яскравості і по 1 значенню для кожного із двох каналів кольоровості) замість того, щоб використати 12 значень при звичайному описі. Практика показала, що зменшення обсягу даних на 50% майже непомітно відбивається на якості більшості зображень.

Однак у випадку загальноприйнятих колірних моделей типу RGB таке подання даних неможливе, оскільки кожен колірний канал RGB несе деяку інформацію яскравості й будь-яка втрата роздільної здатності досить помітна.

Зменшення роздільної здатності каналів кольоровості шляхом субдискретизації, або усереднення груп пікселів здійснюється компресором JPEG.

*Сегментація зображення*

Сегментація зображення застосовується з метою поділу його на дві й більше частини (підзображення). Це полегшує буферизацію даних зображення в пам'яті ПЕОМ, прискорює їхню довільну вибірку з диска, і дозволяє зберігати зображення розміром понад 64x64 Кб. JPEG підтримує три типи сегментації зображень: просту, пірамідальну й комбіновану.

При *простій сегментації* зображення ділиться на два або більше сегментів фіксованого розміру. Всі прості сегменти кодуються зліва направо і згори донизу, є суміжними й не перекриваючими. Сегменти повинні мати однакову кількість вибірок й ідентифікаторів компонентів, і бути закодованими по одній схемі. Сегменти в нижній і правій частинах зображення можуть бути меншого розміру, ніж "внутрішні" сегменти, оскільки величина зображення не обов'язково повинна бути кратною розмірам сегмента.

При *пірамідальній сегментації* зображення також ділиться на сегменти, а кожний з них, у свою чергу, - на ще більш дрібні сегменти. При цьому використовуються різні рівні роздільної здатності. Моделлю такого процесу є сегментована піраміда зображення JPEG (JPEG Tіled Іmage Pyramіd, JTІР), що відбиває процедуру створення пірамідального JPEG-зображення з декількома рівнями роздільної здатності.

*Комбінована сегментація* дозволяє зберігати й відтворювати версії зображень із декількома рівнями роздільної здатності у вигляді мозаїки. Комбінована сегментація допускає наявність сегментів, що перекриваються, різних розмірів, з різними коефіцієнтами масштабування й параметрами стискання. Кожен сегмент кодується окремо й може комбінуватися з іншими сегментами без повторної дискретизації.

Наприклад, у випадку використання сегментів розміром 8х8 пікселів, для кожного блоку формується набір чисел. Перші кілька чисел представляють колір блоку в цілому, у той час як наступні числа відбивають більш тонкі деталі. Спектр деталей базується на зоровому сприйнятті людини, тому великі деталі більш помітні. На наступному етапі, залежно від обраного рівня якості, відкидається певна частина чисел, що представляють тонкі деталі.

Таким чином, чим вище рівень компресії, тим більше даних відкидається й тем нижча якість зображення. Використовуючи JPEG, можна одержати файл в 1-500 разів менший, ніж формат нестиснених зображень BMP.

*Дucкpemне косинусне перетворення.*

Ключовим компонентом роботи алгоритму є дискретне косинусне перетворення. Дискретне косинусне перетворення являє собою різновид перетворення Фур'є й, так само як і воно, має зворотне перетворення. Графічне зображення можна розглядати як сукупність просторових хвиль, причому осі X й Y збігаються із шириною й висотою картинки, а по осі Z відкладається значення кольору відповідного пікселя зображення. Дискретне косинусне перетворення дозволяє переходити від просторового подання картинки до її спектрального подання й назад. Впливаючи на спектральне подання картинки, що складається з "гармонік", тобто відкидаючи найменш значимі з них, можна балансувати між якістю відтворення й ступенем стискання. При цьому утворюється матриця, у якій коефіцієнти в лівому верхньому куті відповідають низькочастотній складовій зображення, а в правому нижньому - високочастотній.

Це перетворення можна представити так:



де - гармоніка сигналу,

а  - постійна складова.

Вираз для зворотного перетворення матриці "гармонік", що застосовується при розпакуванні зображення, записується у вигляді



За визначенням дискретного косинусного перетворення, для його реалізації потрібно два вкладених цикли, і тіло циклів буде виконуватися *n\*n* разів для кожного елемента матриці дискретного косинусного перетворення. Значно більш ефективний варіант обчислення коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення реалізований через множення матриць. У цьому випадку схему обчислення частотних коефіцієнтів матриці Y доцільно представити у вигляді множення матриць відповідно до відношення

 (\*)

де *у -* матриця вхідного зображення; *Х* - матриця постійних коефіцієнтів косинусного перетворення розміру *n\*n*, значення елементів якої обчислюються за формулою



*ХТ -* транспонована матриця *Х*.

Цей варіант реалізації ДКП більш привабливий ще й тому, що сучасні архітектури багатопроцесорних обчислювачів виконують стандартні матричні операції множення й транспонування. При перемножуванні двох матриць розміру *п\*п* для обчислення одного елемента результуючої матриці необхідно виконати *п* множень і *п* додавань.

*Квантування*

Дискретне косинусне перетворення являє собою перетворення інформації без втрат і не здійснює ніякого стиску. Проте дискретне косинусне перетворення підготовляє інформацію для етапу стиску із втратами або округлення. Округлення являє собою процес зменшення кількості бітів, необхідних для зберігання коефіцієнтів матриці дискретного косинусного перетворення за рахунок втрати точності. Стандарт JPEG реалізує цю процедуру через матрицю квантування. Для кожного елемента матриці дискретного косинусного перетворення існує відповідний елемент матриці квантування. Результуюча матриця отримується шляхом ділення кожного елемента матриці дискретного косинусного перетворення на відповідний елемент матриці квантування й наступним округленням результату до найближчого цілого числа:



де *Е*[ ] - ціла частина від ділення; *q*[*u, v*] - матриця квантування.

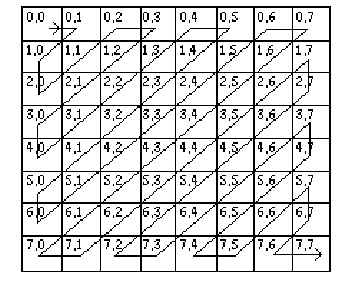
Як правило, значення елементів матриці квантування ростуть у напрямку з ліва направо і згори донизу. Від вибору матриці квантування залежить баланс між ступенем стиску зображення і його якістю після відновлення. Стандарт JPEG дозволяє використати будь-яку матрицю квантування, однак ІSO розробила набір матриць округлення.

На цьому етапі більшість JPEG-компресорів керуються за допомогою установки якості. Компресор використає вбудовану таблицю, розраховану на середню якість, і нарощує або зменшує значення кожного елемента таблиці обернено пропорційно необхідній якості. Застосовувані таблиці квантування записуються до стисненого файлу, щоб декомпресор знав, як відновити коефіцієнти ДКП.

Із квантуванням пов'язані й специфічні ефекти алгоритму. При більших значеннях фактора якості втрати в низьких частотах можуть бути настільки великі, що зображення розпадеться на квадрати 8x8. Втрати у високих частотах можуть виявитися в так званому "ефекті Гіббса", коли навколо контурів з різким переходом кольору утвориться своєрідний "німб".

*Кодування*

Переводимо матрицю 8x8 в 64-елементний вектор за допомогою "зиґзаґ" –сканування (рис.2), тобто беремо елементи з індексами (0,0), (0,1), (1,0), (2,0), ...



*Рис. 2 - "Зиґзаґ" - сканування матриці*

Таким чином, на початку вектора ми одержуємо коефіцієнти матриці, що відповідають низьким частотам, а наприкінці - високим.

Заключна стадія роботи кодера JPEG - це власне кодування. Воно включає три дії над округленою матрицею дискретного косинусного перетворення для того, щоб підвищити ступінь стиску. Перша дія - це заміна абсолютного значення коефіцієнта, розташованого в комірці (0,0) матриці, на відносне. Оскільки сусідні блоки зображення значною мірою "схожі" один до одного, кодування чергового (0,0) елемента як різниці з попереднім дає менше значення.

Коефіцієнти матриці дискретного косинусного перетворення обходяться зиґзаґом, після чого нульові значення кодуються з використанням алгоритму кодування повторів (RLE), а потім результат обробляються за допомогою "кодування ентропії", тобто алгоритмів Хаффмана або арифметичного кодування в залежності від реалізації.

*Оцінка втрат якості*

Одна із серйозних проблем машинної графіки полягає в тому, що дотепер не знайдено адекватний критерій оцінки втрат якості зображення. А губиться воно постійно - при оцифровці, при перекладі в обмежену палітру кольорів, при перекладі в іншу систему кольорового представления для друку, і, що для нас особливо важливо, при архівації із втратами. Можна навести приклад простого критерію: середньоквадратичне відхилення (СКВ) значень пікселів:



По ньому зображення буде сильно змінене при зниженні яскравості всього на 5% (око цього не помітить - у різних моніторів настроювання яскравості варіюється набагато сильніше). У той же час зображення зі "снігом" - різкою зміною кольору окремих точок, слабкими смугами або "муаром" будуть визнані "майже незмінними". Свої неприємні сторони є й в інших критеріїв. Розглянемо, наприклад, максимальне відхилення (МВ):



Цей критерій, як можна здогадатися, украй чутливий до коливань яскравості окремих пікселів, тобто у всьому зображенні може істотно змінитися тільки значення одного пікселя (що практично непомітно для ока), однак, відповідно до цього критерію, зображення буде сильно зіпсовано.

Критерій, що зараз використовують на практиці, називається мірою відношення сигналу до шуму (ВСШ):



Даний критерій, по суті, аналогічний середньоквадратичному відхиленню,однак користуватися ним дещо зручніше за рахунок логарифмічного масштабу шкали. Йому притаманні ті ж недоліки, що й середньоквадратичному відхиленню.

Найкраще втрати якості зображень оцінюють наші очі. Відмінною вважається архівація, при якій неможливо на око розрізнити первісне й разархівоване зображення. Гарною - коли сказати, яке із зображень піддавалося архівації, можна, тільки порівнюючи дві картинки, що перебувають поруч. При подальшому збільшенні ступеня стиску, як правило, стають помітні побічні ефекти, характерні для даного алгоритму. На практиці, навіть при відмінному збереженні якості, у зображення можуть бути внесені регулярні специфічні зміни.

**Хід роботи**

Вхідні дані згідно варіанту

|  |  |
| --- | --- |
| **№ варіанту** | 5 |
| **Найгірший** | 10 |
| **Найкращий** | 93 |

Матриця вхідного квантування

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 13 | 14 | 15 | 12 |
| 16 | 12 | 11 | 13 |
| 10 | 15 | 14 | 15 |
| 14 | 15 | 16 | 14 |

Матриця постійних коефіцієнтів косинусного перетворення

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 0.65328 | 0.2706 | -0.2706 | -0.65328 |
| 0.5 | -0.5 | -0.5 | 0.5 |
| 0.2706 | -0.65328 | 0.65328 | -0.2706 |

Маска квантування для найгіршого варіанту якості

Кількість «1» =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Маска квантування для найкращого варіанту якості

Кількість «1» =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Підсумки виконання лабораторної роботи

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор  якості | Розмір файлу, байт | | Коефіцієнт стискання | Оцінка якості | | | |
| Початкового | Стисненого | СКВ | МВ | ВСШ | Суб'єктивна |
| Найгірший | 214931 | 14236 | 0.1 | 0.00012 | 0.1996 | 15.95 | Низька якість |
| Найкращий | 214931 | 280974 | 0.93 | 0.00371 | 0.6307 | 93.08 | Висока якість |

**Висновок**: під час виконання даної лабораторної роботи я ознайомився із алгоритмом стискання даних JPEG. Закріпив теоретичні знання та набув навичок ефективного стискання кольорових і напівкольорових даних для факсимільного зв’язку за схемою JPEG.