

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

2019 / 2020 навчальний рік

МОДУЛЬ 3. Стиснення зображень

3.1. Загальні відомості зберігання зображень. Урахування особливостей зору.

3.2. Стиснення без витрат.

3.3. Алгоритми стиснення з витратами.

Проблеми архівації з втратами

Головна проблема : не знайдений
адекватний критерій оцінки втрат якості
зображення.

Критерії оцінки втрат якості

Середньоквадратичне відхилення значень пікселів (міра L2 , або *root mean square* – RMS):

$$d(x, y) = \frac{1}{n * m} \sqrt{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} (x_{i,j} - y_{i,j})^2}$$

Недолік: зображення буде вважатися сильно «зіпсованим» при рівномірному незначному зниженні яскравості (непомітного для ока). У той же час зображення зі "снігом" - різкою зміною кольору окремих точок, слабкими смугами або "муаром" будуть визнані такими, що "майже не змінилися".

Критерії оцінки втрат якості

Максимальне відхилення:

$$d(x, y) = \max_{i,j} |x_{i,j} - y_{i,j}|$$

Недолік: у всьому зображенні може істотно змінитися тільки значення одного пікселя (що практично непомітно для ока), проте згідно цій мірі зображення буде сильно зіпсовано.

Критерії оцінки втрат якості

Сигнал/шум – відношення сигналу до шуму (peak-to-peak signal-to-noise ratio – PSNR).

$$d(x, y) = 10 \log_{10} \frac{255^2 * n * m}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} (x_{i,j} - y_{i,j})^2}$$

Найбільш поширена **формальна** оцінка втрат якості зображень.

Найкраще втрати якості зображень оцінюються візуально.
(експертна оцінка)

Критерії оцінки втрат якості

Експертна оцінка:

Відмінно - архівація, при якій неможливо на око розрізнити початкове і відтворене (розархівоване) зображення.

Добре – вказати, яке з зображень піддавалося архівації, можна тільки порівнюючи дві картинки, що знаходяться поруч .

Алгоритм JPEG

JPEG – один з найновіших і досить потужних алгоритмів. Є стандартом де-факто для повнокольорових зображень.

Алгоритм засновано на дискретному косинусному перетворенні (ДКП).

Алгоритм оперує областями 8×8 , на яких яскравість і колір змінюються порівняно плавно. При розкладанні матриці такої області в ряд по косинусам значущими виявляються тільки перші коефіцієнти (стиснення здійснюється за рахунок плавності зміни кольорів у зображенні). Для отримання вихідного зображення застосовується зворотне перетворення.

Алгоритм JPEG



Кроки JPEG алгоритму

1. Кольорове перетворення

Перетворення зображення з колірного простору RGB в колірний простір YCrCb (YUV).

Y — яскравісна компонента,

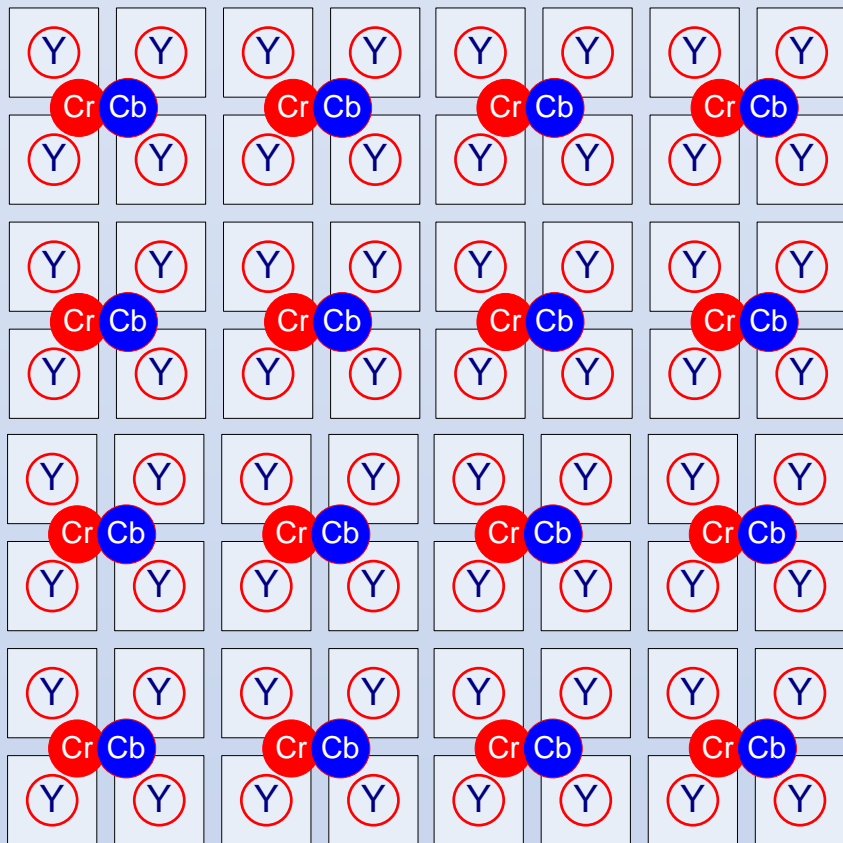
Cr, Cb — компоненти, що відповідають за колір (хроматичний червоний і хроматичний синій).

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .299 & .587 & .114 \\ -.169 & -.331 & -.5 \\ .5 & -.419 & .081 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -.3441 & -.07141 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix}$$

Кроки JPEG алгоритму

2. Субдискретизація (проріджування компонент CrCb) - перетворення в формат 4:1:1



Все зображення розділяється на блоки 8x8 пікселів, з яких за правилом 4:1:1 формуються мінімальні блоки кодування (MCU)

Y - 8x8
Cb - 4x4
Cr - 4x4

Кроки JPEG алгоритму

3. Дискретне косинусне перетворення (ДКП) застосовується окремо до кожного MCU

ДКП – різновид перетворення Фур'є.
Формально:

$$F(u, v) = c(u, v) *$$

$$* \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} I(k, l) \cos \frac{(2k+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2l+1)v\pi}{2N}$$

$$u, v = 0, \dots, N; c(u, v) = \begin{cases} \sqrt{1/N}, u = 0 \vee v = 0 \\ \sqrt{2/N}, else \end{cases}$$

$F(u, v)$ – амплітуди просторових частот

Мод.3.3 зображення (спектральні коефіцієнти)

Кроки JPEG алгоритму

Для MCU 8x8

$$F(u, v) = \frac{c(u, v)}{4} * \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} I(k, l) \cos \frac{(2k+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2l+1)v\pi}{16}$$

$$u, v = 0, \dots, N; c(u, v) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & u = 0 \vee v = 0 \\ 1, & i \neq 0 \end{cases}$$

Або: $F = M * I$

M - матриця ДКП з елементами

$$M_{k,l} = \cos \frac{(2k+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2l+1)v\pi}{16}$$

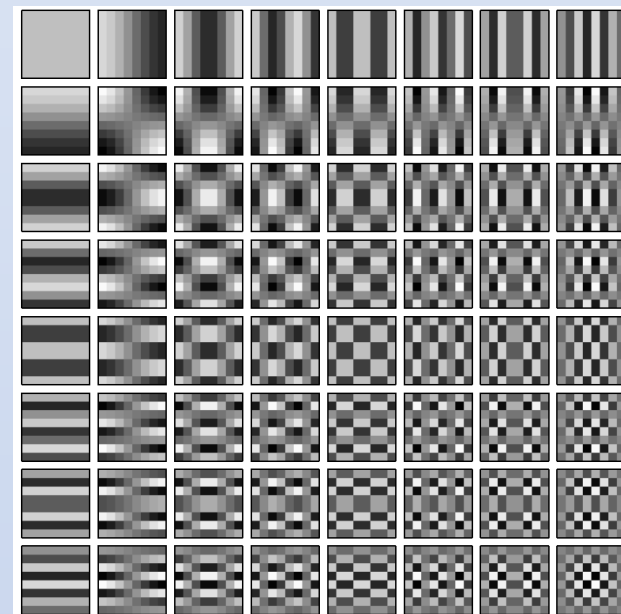
Кроки JPEG алгоритму

В результаті виконання ДКП формується 64 частотних компоненти (спектральні коефіцієнти) MCU.

При переході від просторового $I(i, j)$ до частотного подання велика частина енергії сигналу зосереджується в області **низьких частот**

Тобто спектральні коефіцієнти (компоненти $F(u, v)$) з меншим значенням індексів k, l мають великі значення. І навпаки – для великих k, l - мали значення – *їх можна відкинути!!!*

Базові матриці для перетворення 8 x 8

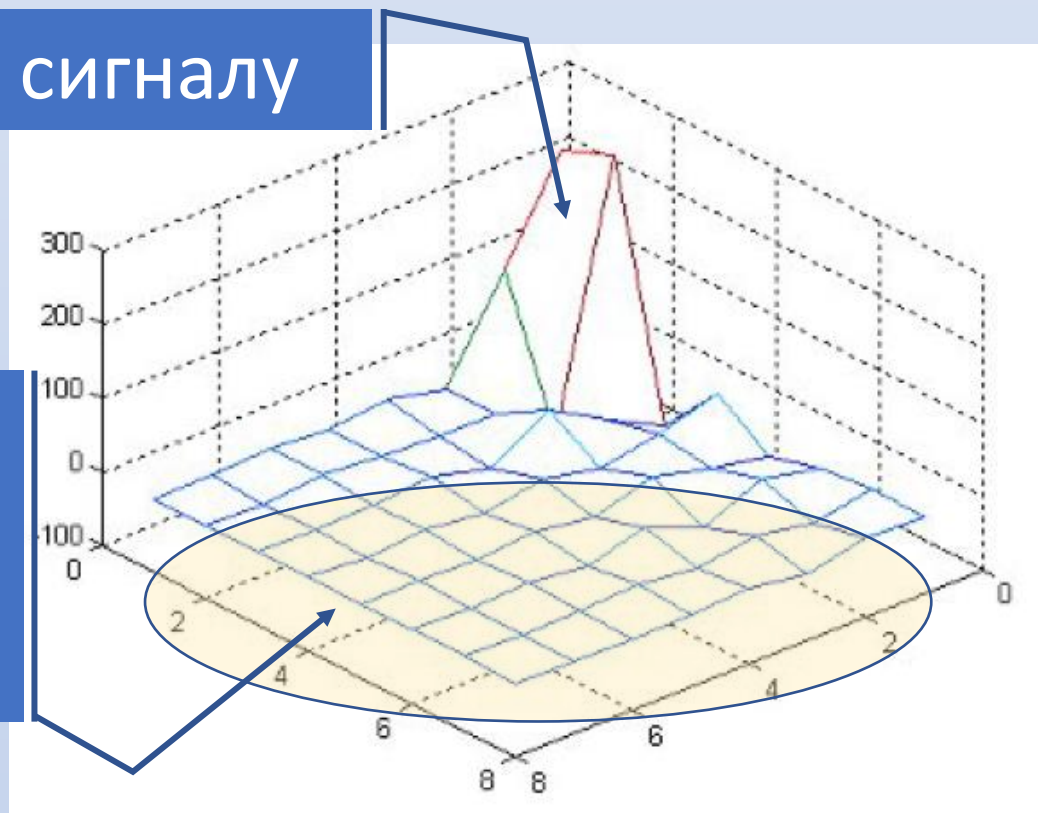


Кроки JPEG алгоритму

Тобто спектральні коефіцієнти (компоненти $F(u,v)$) з меншим значенням індексів k,l мають великі значення. І навпаки – для великих k,l - мали значення – *їх можна відкинути!!!*

Значна енергія сигналу

НЕЗНАЧНА
енергія сигналу.
Можна відкинути



Кроки JPEG алгоритму

4. Квантування.

Результат ДКП - 64 значення спектральних компонентів квантуються для скорочення їх розрядності:

$$z_{k,l} = \text{round} \left(\frac{f_{k,l}}{q_{k,l}} \right) = \left\lfloor \frac{f_{k,l} \pm \left\lfloor \frac{q_{k,l}}{2} \right\rfloor}{q_{k,l}} \right\rfloor; \quad k, l = 0, \dots, 7$$

$q_{k,l}$ - ваговий множник матриці квантування Q розміру 8×8 .

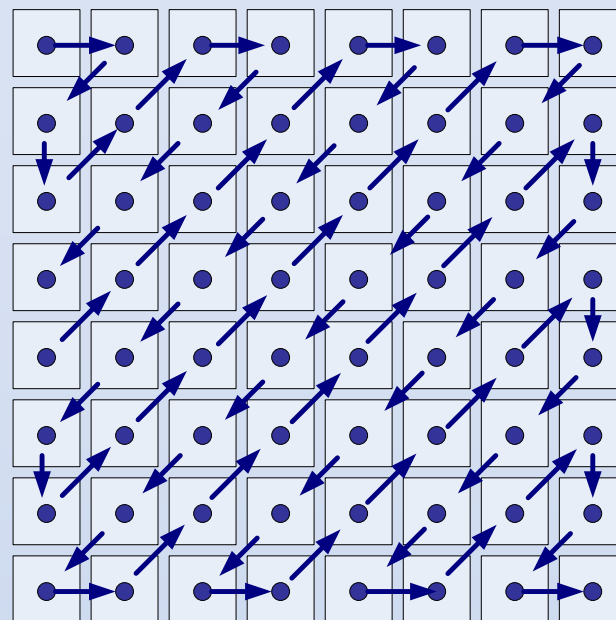
Елементи $q_{k,l}$ обираються таким чином, щоб в результаті квантування $z_{k,l}$ для великих k, l **дорівнювалось 0**. Вибір $q_{k,l}$ – рішення користувача.

Кроки JPEG алгоритму

5. ZigZag сканування.

90	25	5	-2	0	0	0	0	0
15	10	3	0	0	0	0	0	0
-5	3	0	0	0	0	0	0	0
-2	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

↓ Вектор коефіцієнтів:
90,25,15,-5,10,5,-2,3,3,-2,0,0,...



Матриця
спектральних
коефіцієнтів
перетворюється в
вектор, «хвіст»
якого = 0

Кроки JPEG алгоритму

Крок 6. RLE стиснення Хофмана

Вектор коефіцієнтів за алгоритмом RLE згортається до пар.

Крок 7. Стиснення Хофмана.

Згортка отриманих пар кодуванням по Хаффману з фіксованою таблицею.

Процес відновлення зображення в цьому алгоритмі повністю симетричний.

Переваги алгоритму:

1. Задається ступінь стиснення.
2. В результаті кольорове зображення може мати 24 біта на точку.

Недоліки алгоритму:

1. При підвищенні ступеня стиснення зображення розпадається на окремі квадрати (8x8). Це пов'язано з тим, що відбуваються великі втрати в низьких частотах при квантуванні, і відновити вихідні дані стає неможливо.
2. Проявляється ефект Гіббса - ореоли по межах різких переходів кольорів.

Характеристики алгоритму JPEG:

Коефіцієнти компресії:

2-200 (задається користувачем).

Клас зображень:

Повнокольорові 24 бітові зображення, або зображення в градаціях сірого без різких переходів кольорів (фотографії).

Симетричність: 1

Тенденції розвитку сучасних алгоритмів стиснення зображень

1. Орієнтація на фотореалістичні зображення з 16 мільйонами кольорів (24 біта);
2. Використання стиснення з втратами, можливість за рахунок втрат регулювати якість зображень;
3. Використання надмірності зображень в двох вимірах;
4. Поява істотно несиметричних алгоритмів;
5. Збільшення ступені стиснення зображень

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб.пособие.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.- 608 с.: ил.
- **Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э.** Цифровая обработка изображений. - М. : Техносфера, 2005. -1070 с.
- **Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. и др.** Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения.-М.: Физматкнига, 2010.-672 с.

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.** Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С.Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 75 с.
- Методы компьютерной обработки изображений: Учебное пособие для ВУЗов/ Под ред.: **Сойфер В.А..** - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2003. - 780 с.
- **Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.** Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

Додаткова ЛІТЕРАТУРА

- **Грузман И.С., Киричук В.С.** Цифровая обработка изображений в информационных системах. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. — 352 с.: ил.
- **Solomon C., Breckon T.** Fundamentals of Digital Image Processing. — Willey-Blackwell, 2011 - 344 p.
- **Павлидис Т.** Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. — 400 с.
- **Яншин В. В., Калинин Г. А.** Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. — М.: Мир, 1994. — 240 с.

Інформаційні ресурси

- <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <http://www.pcs-ip.eu/index.php/main/edu/2>
- <https://www.w3.org/Graphics/JPEG/jfif3.pdf>

The END

Modulo 3.3