

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ВИМІРНІ СИСТЕМИ

УДК 534.111

С.А. Таянов

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра автоматизації та комплексної механізації
машинобудівної промисловості

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТИСКУ МОНОХРОМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

©Таянов С.А., 2004

Запропоновано методику стиску монохромних зображень на основі косинусного перетворення та досліджено метрологічні властивості цієї методики.

A method of compression of monochrome images on the basis of cosine transform is offered and metrological properties of offered method are explored.

Постановка проблеми. Стиск монохромних зображень є актуальною задачею для систем технічного зору, оскільки зображення великого розміру, отримані з давачів технічного зору, цифрових фотоапаратів або вебкамер, довше передаються каналами зв'язку, та база даних таких зображень буде займати більше місця на носіях інформації і буде менш ефективною. В цьому випадку зменшити роздільну здатність небажано, а методи стискання без втрати інформації, які застосовуються в архіваторах [1], не дають бажаного коефіцієнта стиску.

Тому якщо потрібно стиснути зображення сильніше, без втрати якості не обійтися. По-перше, будь-яке зображення містить певну надмірність, видалення якої не приведе до помітної зміни якості картинки. Крім того, чутливість очей до дрібних елементів зображення невелика, що дозволяє без збитку для якості їх видалити. Так можна стискати зображення (навіть якщо погіршення якості стає вже помітним) аж до прийнятного порогу. Ступінь деградації якості визначається для кожного конкретного випадку. Для поліграфії допустимі лише мінімальні спотворення, а для розміщення в Інтернеті (залежно від призначення) — набагато більші.

Аналіз останніх досліджень. Щонайбільшу популярність серед методів компресії з втратами отримав JPEG. В більшості сучасних методів стиснення даних (наприклад, Layer-4, відомий як mp3, а також MPEG) реалізовані механізми, аналогічні JPEG. Крім того не так давно була остаточно затверджена його новітня реалізація JPEG2000, в яку ввійшли всі доповнення, внесені в JPEG/MPEG за десять років його розвитку [1].

При компресії методом JPEG якість втрачається завжди. При цьому завжди є вибір: віддати перевагу якості в збиток об'єму (розмір файла стиснеться приблизно втричі) або ж навпаки, добитися мінімального розміру зображення, при якому воно ще залишиться впізнаним (ступінь компресії може досягати 100). Стиснення, при якому відмінність в якості між зображенням, що виходить, і оригіналом ще залишається непомітною, дає 10–20-кратне скорочення розміру файла.

JPEG найкраще стискає повноколірні і монохромні зображення фотографічної якості. При компресії методом JPEG потрібно мати на увазі, що все залежить від характеру зображень: набагато менший об'єм будуть займати ті, де зміни кольору незначні і немає різких кольорних переходів. JPEG застосовується усюди, де потрібно берегти фотозображення: в цифрових фотоапаратах, поліграфії (EPS DCS 2.0), немислимий без нього і Інтернет.

Постановка задачі. Завдання статті полягає у розробленні методики стиску монохромних зображень на основі косинусного перетворення, яке дає можливість досягнути більшого коефіцієнта стиску, ніж відомі методи, а також у порівнянні метрологічних властивостей запропонованої методики з іншими відомими методиками.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо принцип, який використовується в JPEG для стискання монохромних зображень. Матриця зображення групується у фрагменти, розміром 8x8, після чого для кожного з них застосовується основне стиснення — тобто дискретне косинусне перетворення, скорочено — DCT (discrete cosine transform) [2]. В результаті інформація про розподіл яскравості пікселів перетвориться в інший вигляд, де вона описується розподілом, заснованому на частоті появи тієї або іншої яскравості пікселів. DCT має ряд переваг перед іншими перетвореннями (наприклад, перед перетворенням Фур'є), забезпечуючи краще відновлення інформації.

Замість масиву з 64 значень (8x8 пікселів) для кожного блока, з яких полягає зображення, ми одержуємо масив з 64 частот. Розглянемо DCT, яке використовується для стиску зображень в методі JPEG. Перш за все створюється матриця перетворення

$$DCT_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{N}}, \text{ якщо } i = 0$$

$$DCT_{i,j} = \sqrt{\frac{2}{N}} \cdot \cos[(2j+1) \cdot i \cdot \frac{3.14}{2N}], \text{ якщо } i > 0 \quad (1)$$

$$N = 8, 0 < i \leq 7, 0 < j \leq 7$$

Після того безпосередньо виконується DCT:

$$R_n = I_n \cdot DCT^T \cdot DCT,$$

де I_n – матриця, яка являє собою n -й фрагмент зображення, розміром 8*8, R_n – DCT матриці I_n .

Далі задається матриця квантування такого самого розміру, як і фрагмент зображення. Перші коефіцієнти вибираються двовимірно. Для косинусного перетворення найважливіші коефіцієнти матриці квантування знаходяться в лівому верхньому кутку. Вправо-вниз важливість цих коефіцієнтів зменшується. Отже, для вибору коефіцієнтів кут повинен обмежуватися діагоналлю. Приклад матриці квантування Q :

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Тут 15 коефіцієнтів дорівнюють „1”, всі решта 64-15=49 дорівнюють „0”. Якщо перемножити матрицю квантування на матрицю R_n : $A_n = R_n \cdot Q$ та запам'ятати тільки значення матриці A_n , які не дорівнюють нулю, то отримуємо коефіцієнт стиску $k = 64/15 = 4.27$.

Пропонується такий алгоритм стискання. Створимо вектор $B_{1,1}$, який буде складатися з елементів $A_{1,1,1}, A_{2,1,1}, A_{3,1,1} \dots A_{Nf,1,1}$, де Nf – кількість фрагментів розміром 8x8 в зображенні. Аналогічно створимо решта вектори:

$$B_{i,j} = [A_{1,i,j}, A_{2,i,j} \dots A_{Nf,i,j}]. \quad (2)$$

$$0 < i \leq 7, 0 < j \leq 7$$

Таких векторів буде 8x8=64. Якщо проаналізувати значення елементів векторів $B_{i,j}$, то виявиться,

що деякі з них значно менші від інших. Такі елементи не несуть суттєвої інформації про зображення. Якщо ж знехтувати елементами векторів $B_{i,j}$, меншими за деякий поріг d , то як показало моделювання, якість зображення майже не змінюється. Величину порога d можна вибирати, враховуючи середньоквадратичний елемент вектора $B_{i,j}$. Замість тих значень, якими нехтуємо, записується „0”. Пропонується запам’ятовувати тільки значення всіх векторів $B_{i,j}$, які відмінні від „0”, та кількість „0” між ними. Тоді коефіцієнт стиску можна порахувати так чином:

$$k = \frac{M \cdot c_v}{v \cdot (c_v + c_n)}, \quad (3)$$

де M – кількість пікселів у вихідному зображенні, c_v – кількість байт для збереження одного пікселя (для монохромних зображень переважно 1 байт), c_n – кількість байт для збереження кількості нулів між відмінними від нуля значеннями векторів $B_{i,j}$ (приймаємо 1 байт), v – кількість відмінних від нуля значень векторів $B_{i,j}$. Для монохромного зображення формула набере вигляд:

$$k = \frac{M}{v \cdot (1 + c_n)}, \text{ якщо } c_n = 1, \text{ то } k = \frac{M}{2v}. \quad (4)$$

Для моделювання було вибрано монохромне зображення розміром 256x256 віробункера. Для оцінки якості зображення після стискання використовувалася середньоквадратична похибка (MSE).

На рисунку, а – показано оригінальне зображення, б – стиснуте зображення з допомогою перетворення JPEG, тут коефіцієнт стиску дорівнює $k = 3.78$, $MSE = 3.24\%$, в – зображення стиснуте за допомогою запропонованої методики коефіцієнт стиску обчислений за формулою (4) $k = 6.22$, середньоквадратична похибка $MSE = 2.73\%$. Отже, з рисунка бачимо, що коефіцієнт стиску зображення за допомогою запропонованої методики більше, а середньоквадратична похибка менше ніж за допомогою відомого методу JPEG.



а) б) в)
Монохромне зображення розміром 256x256 віробункера

Висновки. Оскільки зображення стиснуте за запропонованою методикою має меншу середньоквадратичну похибку, ніж зображення, яке стиснуте за допомогою косинусного перетворення, яке використовується в JPEG, то доцільно використовувати запроповану методику для стискання монохромних зображень.

1. Борисов М. Сжатие изображений: JPEG и JPEG2000//Publish Издательство "Открытые системы" -02,2002. Internet: http://www.osp.ru/publish/2002/02/088_print.htm. 2. Бабак В.П. та ін. Обробка сигналів: Підр. для техн. спец. вузів/ В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К.: Либідь, 1996. – 390 с.