

УЩІЛЬНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ПОБЛОЧНИМ МЕТОДОМ

Майданюк В. П.

Розглянуто кодування (ущільнення) зображень на основі статистичного поблочного кодування. Показано, що при застосуванні афінних перетворень і виборі відповідного критерію відбору блоків статистичне поблочне кодування може досягати значних коефіцієнтів ущільнення.

Рассмотрено кодирование (сжатие) изображений на основе статистического поблочного кодирования. Показано, что при применении аффинных преобразований и выборе соответствующего критерия отбора блоков статистическое поблочное кодирование может достигать значительных коэффициентов сжатия.

Вступ

Ущільнення зображень на сьогодні є актуальною задачею, оскільки зображення - це своєрідний тип даних, що характеризується трьома особливостями:

зображення займає набагато більше місця, ніж текст;

людський зір при аналізі зображення оперує контурами, загальним переходом кольорів та порівняно нечутливий до невеликих змін в зображенні. Тому є можливість створювати алгоритми, що відновлюють зображення з деякими втратами інформації;

зображення на відміну від тексту має надлишковість в 2-х вимірах. Тобто, як правило, сусідні точки, як по горизонталі, так і по вертикалі близькі за яскравістю.

Більшість відомих методів ущільнення даних ґрунтуються на врахуванні статистики джерела інформації. Однак, статистичні методи не враховують особливості джерела інформації, що значно знижує коефіцієнти стиснення. Особливо це стосується інформації, представленої в вигляді фотореалістичних зображень, де застосування класичних статистичних методів не дає бажаного результату і тому вони використовуються як допоміжний засіб для ущільнення компонент зображення в комплексних алгоритмах ущільнення зображень (JPEG, MPEG та ін.) [1-3]. Ці алгоритми характеризуються тим, що для ущільнення зображень використовується декілька методів, а це в свою чергу призводить до значного зростання обчислювальних затрат на виконання ущільнення інформації і відповідно до зменшення швидкодії.

Тому необхідні додаткові дослідження методів, орієнтованих на адаптацію статистичних підходів до конкретних джерел інформації. Наприклад, при ущільненні зображень допустимі втрати надлишкової інформації [4], а також з'являється можливість оперувати двовимірними блоками, що може бути використано для збільшення коефіцієнтів ущільнення [5].

Метою даної роботи є дослідження можливостей ущільнення зображень з втратами статистичними методами.

Розробка алгоритму статистичного поблочного кодування зображень

Отримання достатньо високих коефіцієнтів ущільнення зображень можливе лише в тому випадку, коли будуть враховані особливості фотореалістичних зображень.

А саме, двовимірність зображень, наявність в зображенні великої кількості областей з майже однаковою яскравістю, сприйняття зображень зоровим аналізатором людини, що надає можливість ущільнення з втратами.

Метод динамічного поблочного кодування (ДПК) зображень полягає в наступному [5]:

1. Зображення розбивається на квадратні блоки однакового розміру, що примикають один до одного. Розмір блоків однаковий з стороною рівною 8.
2. Для кожного з таких блоків за деяким критерієм відбору виконується пошук подібних блоків. При виконанні пошуку над блоками можуть виконуватися афінні перетворення. На практиці застосовується вісім варіантів відображення одного квадрата в інший з використанням афінних перетворень. Це повороти зображення на кути 90, 180, 270 (-90) градусів відносно його центра і перетворення симетрії відносно ортогональних осей, які проходять через центр фрагмента перпендикулярно його сторонам, тобто таких перетворень може 8 [2].
3. В якості критерію для відбору подібних блоків може використовуватись відхилення або середньо-квадратичне відхилення:

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i,j} |d_{ij} - r_{ij}|}{n^2}}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i,j} (d_{ij} - r_{ij})^2}{n^2}}, \quad (1)$$

де d_{ij} , r_{ij} – значення елементів блоків, що порівнюються,
 n – розмір сторони блока.

Можуть використовуватись і більш жорсткі критерії, наприклад, критерій поелементного відбору, який полягає в тому, що якщо у двох блоках є відповідні елементи, відмінності яких перевищують заданий поріг, то такі блоки не вважаються подібними. Перед застосуванням такого критерію потрібно усунути імпульсний шум на зображенні

По закінченні аналізу блоків в кінцевий файл записується така інформація: кількість блоків, самі блоки, кодована інформація, яка визначає місце блоку на площині зображення та ідентифікатор афінного перетворення. Оскільки в зображенні багато подібних блоків, то ця інформація менша початкового зображення за розміром (кількістю біт). Ущільнити отримані дані можна одним із методів ущільнення без втрат (кодування Хаффмана, арифметичний метод або словниковий метод).

Основна задача полягає в пошуку якнайбільшої кількості прийнятних або подібних блоків. Безумовно, пошук можна виконувати дуже велику кількість раз, оскільки блоків різної форми може бути тисячі. Але робити це недоцільно. Описаний метод має два варіанти: один використовує блок фіксованого розміру 8×8 , інший використовує блоки змінного розміру, які отримують шляхом динамічного поділу неприйнятних блоків. Два варіанти представленого методу практично однакові по ефективності, оскільки використання динамічного поділу блоку покращує коефіцієнт ущільнення на 10-15%, але збільшує час необхідний для ущільнення.

Відновлення вихідного зображення відбувається шляхом аналізу кодової послідовності зображення і послідовності афінних ідентифікаторів. За отриманими

результатами зчитані раніше блоки після виконання відповідного афінного перетворення поміщаються на визначені місця в зображенні.

При стисненні кольорових зображень метод фактично працює з трьома сірими зображеннями, які отримуються шляхом поділу кольорового зображення на три складові R, G, B або Y, U, V.

Розглянемо даний метод на прикладі зображення, зображеного на рис. 1. Як видно, зображення має велику кількість фактично однакових блоків.

Швидкість ущільнення зображень даним методом достатньо висока, оскільки блоки мають однаковий розмір. Однак, використання фіксованого розміру блоку суттєво впливає на коефіцієнт ущільнення зображень. Безумовно, в представленому методі можна використовувати блоки різного розміру. В такому випадку кількість прийнятних блоків суттєво збільшиться, що призведе до покращення коефіцієнту ущільнення, але також збільшиться і час виконання ущільнення.

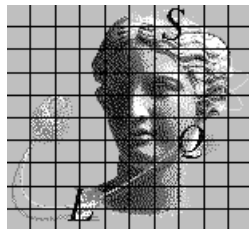


Рис. 1 - Приклад поділу зображення на блоки



Рис. 2 - Процес ущільнення методом статистичного поблочного розбиття. CB - кількість блоків, B - самі блоки, CSI - кодова послідовність зображення, SIAT - послідовність ідентифікаторів афінного перетворення.

Приклад динамічного поділу зображення представлено на рис. 3.

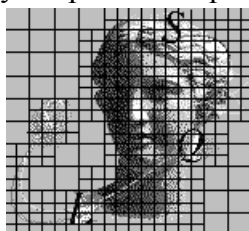


Рис. 3 - Приклад динамічного поділу зображення.

Суть даного варіанту методу полягає в аналізі блоків, які отримуються шляхом динамічного поділу неприйнятного блоку на чотири рівнозначних за розміром блоки.

Над отриманими блоками здійснюються афінні перетворення і ті блоки, які відповідають критерію відбору, вважаються однаковими. Якщо ж блок ні в одному з 8 станів не відповідає критерію відбору, то він залишається в списку для подальшого поділу. Якщо блок має найменший розмір 2×2 і є неприйнятним, то він кодує сам себе.

По закінченні аналізу блоків в кінцевий файл послідовно записується наступна інформація: розмір блоку, сам блок, послідовність 3-байтних кодів. Кожний 3-байтний код однозначно визначає місце блоку в зображенні, він складається з ідентифікатора афінного перетворення і адреси.

Процес стиснення даним методом подано на рис. 4.

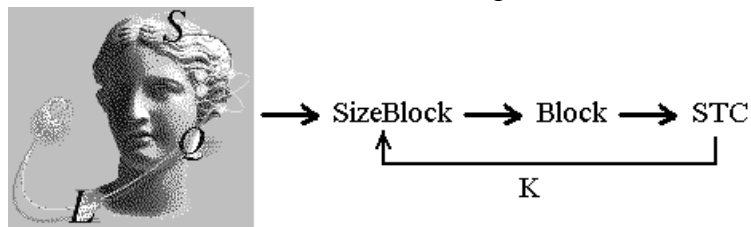


Рис. 4 - Процес стиснення методом динамічного поділу. SizeBlock - розмір блоку, Block - сам блок, STC - послідовність 3-байтних кодів, K - кількість прийнятних блоків.

Слід очікувати, що динамічний поділ блоку суттєво покращить коефіцієнт ущільнення.

Моделювання і результати

Експериментальне дослідження алгоритмів динамічного поблочного стиснення зображень ґрунтувалось на оцінці коефіцієнтів ущільнення та якості відновлених зображень розміром 128×128 пікселів. Для представлених алгоритмів визначено клас зображень, для якого отримуються прийнятні результати - це клас сірих зображень графічних образів.

Для оцінки якості відновлюваних зображень введемо градацію якості:

- 1) дуже висока якість;
- 2) зображення має незначні відхилення, що помітні при збільшеному спостереженні;
- 3) зображення має помітні відхилення;
- 4) зображення має погану якість.

Якість відновлюваних зображень прямо пропорційно залежить від критерію поелементного відбору. Саме величина цього критерію і визначає величину вищезгаданих відхилень. Для більш об'єктивної оцінки також використаємо критерій середньоквадратичного відхилення (СКВ), який обраховується за формулою:

$$СКВ = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (a_{ij} - b_{ij})^2}, \quad (2)$$

де N – розмір сторони зображення,

a_{ij} , b_{ij} – значення елементів початкового і відновлено після кодування зображення.

Для порівняння приведемо також характеристики ущільнення експериментальних зображень методом JPEG.

Відбір подібних блоків виконувався за критерієм поелементного відбору при порозі рівному 3. Результати експерименту з використанням блоків фіксованого розміру наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Результати експерименту

Розмір початкового файлу, байт	Розмір ущільненого файлу, байт	Розмір файлу JPEG, байт	СКВ		Візуальна якість зображення
			JPEG	ДПК	
49206 (фрагмент зображення Lena, лице)	17317	4469	4	2	1
49206 (зображення з рис. 4)	4208	5685	4	0	1
49206 (зображення подібне за складністю до рис. 4)	3502	7902	4	0	1

Тобто відбір блоків за критерієм поелементного відбору ефективний для простих зображень, в яких відсутні завади. На таких зображеннях ДПК перевищує навіть стандарт JPEG як за коефіцієнтом ущільнення так і за середньоквадратичним відхиленням. Більш складні зображення вимагають інших критеріїв. Тут більш прийнятним є критерій середньоквадратичного відхилення.

Висновки

1. Статистичне поблочне кодування як метод ущільнення з втратами може знайти самостійне використання при кодуванні зображень.
2. З урахуванням швидкості сучасних комп'ютерів при пошуку подібних блоків при статистичному поблочному кодуванні необхідно враховувати і афінні перетворення блоків.
3. Вимагає подальших досліджень процедура пошуку подібних блоків, а саме, чи повинні шукані блоки перекриватись, а якщо так, то постає питання вибору кроку сканування зображення.
4. Необхідні додаткові дослідження по пошуку та дослідженню ефективних критеріїв відбору подібних блоків.

Література

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. - М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Прэт У. Цифровая обработка изображений: Пер. з англ. // У. Прэт. – Т. 2. М.: Мир, 1982. – 480 с.
3. Международный стандарт JPEG ISO/IEC 10918.
4. Майданюк В. П. Разработка алгоритмов и аппаратных средств систем сжатия телевизионных изображений: Автореф. канд.тех. наук / В. П. Майданюк. – Винница, 1993. – 22 с.
5. Maidanuik V. P. Statistucal block compression of images / V. P. Maidanuik, A. M. Petuch, V. P. Kojemiako, O. V. Rudyi // Proceedings of SPIE. – 2001. – vol. 4425. – P. 92-95.