

УДК 004.627 : 004.921

К.т.н., доцент Сулема Є.С., аспірант Саміра Ебрахімі Кахоу

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

СПОСІБ УЩІЛЬНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Abstract

*Yevgeniya S. Sulema, assoc. prof., PhD; Samira Ebrahimi Kahou, postgraduate
Image Compression Based on Statistical Analysis*

This paper concerns compression of images which are considered not as an illustration to textual information, but as a main source of information. The method of selective compression that takes into account statistical features of an image is proposed and discussed in the paper.

Вступ

З поширенням інформаційних технологій швидко зростає й частка інформації, що подається у графічному вигляді. Причому у деяких галузях зображення використовують не як ілюстрацію, а як головне джерело інформації. Наприклад, у медицині, криміналістиці, картографії, аерокосмічних дослідженнях, тощо.

Зображення, представлені у цифровій формі, потребують великих обсягів пам'яті для збереження, тому графічні дані зазвичай попереднього ущільнюють. Існують способи та алгоритми ущільнення як з втратами, так і без втрат [1]. Вони застосовуються над цілим зображенням, не враховуючи його структури. У випадках, коли ущільнення відбувається з втратами, такий підхід може призвести до зниження інформаційної цінності зображення через втрату або спотворення дрібних деталей зображення. Водночас застосування ущільнення без втрат зазвичай не дозволяє досягти максимального ступеня ущільнення.

Метою дослідження є розроблення способу ущільнення зображень, який би забезпечував високий ступінь ущільнення із збереженням оригінальної якості найбільш інформативних фрагментів зображення.

Введемо деякі терміни.

Цифрове зображення може бути представлене як матриця A з розмірністю $M \times N$, елементами якої є числові значення яскравості пікселів зображення.

Областю інтересу називатимемо найбільш інформативний фрагмент зображення.

Маскою зображення A називатимемо матрицю T з розмірністю $M \times N$, причому $t_{ij} \in \{0,1\}$, де $t_{ij}=1$, якщо ij -піксель належить області інтересу, інакше $t_{ij}=0$.

Постановка задачі

Область інтересу може бути задана явно або шляхом визначення певного критерію.

Задача побудови маски, коли область інтересу задана явно, тобто задана своїми координатами у системі координат зображення, є тривіальною, оскільки зводиться до заповнення матриці T , яка спочатку є нульовою, одиницями у тих позиціях, які відповідають місцезнаходженню області інтересу у зображенні.

Коли область інтересу задається певним критерієм, можливі принаймні два випадки: 1) область інтересу відрізняється наявністю великої кількості дрібних деталей, 2) область інтересу визначається границями об'єктів, в межах яких спостерігається певна сталість рівня яскравості.

У даній статті розглядається випадок, коли характерною рисою області інтересу є наявність великої кількості дрібних деталей. Тоді пропонується вирішувати задачу отримання маски шляхом виконання статистичного аналізу зображення.

Статистичний аналіз зображення

Статистичний аналіз зображення ґрунтується на обчисленні статистичних характеристик гистограми яскравості, яка визначається як

$$P = \left\{ p(B_i) \left| \begin{array}{l} p \in [0,1] \\ B_i \in [0, L] \end{array} \right. \right\},$$

де B_i – випадкова величина, що визначає яскравість пікселя,

$p(B_i)$ – ймовірність наявності у зображенні A пікселя яскравості B_i ,

L – кількість рівнів яскравості у даному зображенні.

Найбільш інформативними характеристиками вважаються [2]:

1) математичне сподівання: $\nu = \sum_{i=0}^{L-1} B_i p(B_i),$

2) дисперсія: $\sigma^2 = \mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} (B_i - \nu)^2 p(B_i),$

$$3) \text{ ентропія: } \varepsilon = - \sum_{i=0}^{L-1} p(B_i) \log_2 p(B_i).$$

Коли йдеться про зображення, математичне сподівання віддзеркалює кількість рівнів яскравості у зображенні. Чим більшою є кількість рівнів яскравості, тим меншим є значення математичного сподівання. Математичне сподівання набуває максимального значення для монохроматичних зображень.

Дисперсія показує розкид значень яскравості відносно значення математичного сподівання. Нульова дисперсія є показником рівної кількості пікселів з однаковою яскравістю. Це характерне для монохроматичних зображень, зображень з градієнтним зафарбовуванням, зображень з регулярною структурою на кшталт шахової дошки.

Значення ентропії характеризує змінюваність яскравості. Монохроматичні зображення мають нульову ентропію. Свого максимуму значення ентропії набуває, коли різні значення яскравості є рівноймовірними. Отже, високе значення ймовірності є ознакою наявності у зображенні великої кількості дрібних деталей.

Розглянемо процедуру отримання маски, яка ґрунтується на аналізі ентропії.

Процедура отримання маски та алгоритм ущільнення

Обчислимо значення ентропії e_0 для всього зображення A . Після чого поділимо зображення на K областей A^1_i , які не перетинаються, так, що:

$$\begin{cases} A_1^1 \cup A_2^1 \cup \dots \cup A_K^1 = A \\ A_1^1 \cap A_2^1 \cap \dots \cap A_K^1 = \emptyset \end{cases}$$

Обчислимо значення ентропії e^1_i для кожної області A^1_i та порівняємо отриманні значення зі значенням ентропії e_0 для всього зображення A . Ознакою наявності дрібних деталей в області є збільшення значення ентропії порівняно зі значенням ентропії всього зображення. Таку область (одну чи декілька) першого рівня поділимо на області A^2_i другого рівня так, що:

$$\begin{cases} A_1^2 \cup A_2^2 \cup \dots \cup A_K^2 = A^1 \\ A_1^2 \cap A_2^2 \cap \dots \cap A_K^2 = \emptyset \end{cases}$$

та обчислимо для кожної з областей другого рівня значення ентропії e^2_i . Ознакою наявності дрібних деталей в області другого рівня є збільшення значення ентропії порівняно зі значенням ентропії відповідної області першого рівня.

Зазначену процедуру слід продовжувати, доки не буде досягнутий

заданий рівень деталізації або мінімальний розмір області 2×2 пікселя.

Маска T , яка на початку є нульовою матрицею, заповнюється одиницями у позиціях, які відповідають пікселям зображення A , що належать областям з максимальною ентропією.

Тоді алгоритм ущільнення графічних даних полягає у наступному:

- 1) визначення маски,
- 2) поділ масиву даних у відповідності до маски на два потоки: потік даних, що підлягають ущільненню без втрат, (відповідає одній чи декільком областям інтересу) та потік даних, що підлягають ущільненню з втратами, (відповідає решті зображення),
- 3) ущільнення кожного потоку даних заданим або обраним за певним критерієм алгоритмом,
- 4) ущільнення маски,
- 5) запис даних у файл.

Процес відновлення даних відбувається у зворотному порядку.

Висновки

Оцінимо ступінь ущільнення зображення, що відноситься до класу зображень з великими монохромними областями, 10% площі якого займають дрібні деталі (область інтересу), запропонованим способом. Для ущільнення графічних даних застосуємо алгоритм ущільнення з втратами JPEG та алгоритм ущільнення без втрат LZ77, які забезпечують найкращий ступінь ущільнення [3] (Таблиця 1).

Таблиця 1

Ступінь ущільнення тестових зображень

	Монохромне зображення	Градiєнтне зображення	Зображення з великими монохромними областями	Зображення з дрібними деталями
JPEG	19,2	12,3	18,8	4,8
LZ77	7,3	1,4	7,3	1

Тоді отримаємо ущільнення приблизно у 6,67 разів, причому із збереженням оригінальної якості області інтересу. При ущільненні цього зображення алгоритмом LZ77 отримаємо ущільнення у 4,5 разів.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє підвищити ступінь ущільнення графічних даних та забезпечити збереження оригінальної якості найбільш інформативних фрагментів зображення.

Література

1. *Сэлмон Д.* Сжатие данных, изображений и звука. – М: Техносфера, 2004. – 368 с.
2. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений: Пер. с англ./ Под ред. Чочиа П.А. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. *Y.Sulema, S.Ebrahimi Kahou.* Comparative Study of Image Compression Algorithms // Радиоэлектроника и информатика. – 2009. – №1 – с.57-65.