

СТИСНЕННЯ РАСТРОВИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ОБРАЗІВ ВІДМІННОСТЕЙ

Постановка проблеми. Сучасні системи дистанційного збору і обробки даних, як правило, отримують інформацію про об'єкти дослідження у вигляді їх растрових зображень, сформованих проекційними засобами. Це, як правило, напівтонові, мультиспектральні фотографіметричні зображення. Вони характеризуються значними об'ємами, що ускладнює їх передачу і збереження. Між тим, ці зображення також відзначаються значною збитковістю, яка дає можливість ефективно застосовувати процедури стиснення. Сучасні алгоритми стиснення зображень, як правило, мають універсальний характер і орієнтовані на оптимізацію критеріїв, що характеризують якість зорового сприйняття, не враховуючи особливостей зображень зазначеного класу [1]. Тому проблемою лишається вибір і адаптація алгоритмів стиснення відеоданих, поданих як растрові напівтонові або мультиспектральні фотографіметричні зображення.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі алгоритми стиснення відеоінформації у вигляді растрових зображень можуть класифікуватися за багатьма ознаками, серед яких — ступінь стиснення, симетричність, математичні методи, покладені в основу алгоритму, клас зображень, для яких оптимізований алгоритм, тощо. Однією з основних характеристик алгоритму є наявність втрат при застосуванні процедури стиснення [2]. Серед алгоритмів без втрат широке застосування знайшли RLE (Run Length Encoding) — алгоритм групового кодування за рахунок ланцюжків однакових байтів, LWZ (Lempel, Ziv, Welch) — стиснення за рахунок ланцюжків байт, що повторюються, CCITT Group 3 — заміна послідовностей однакових бітів їх кількостями з подальшим кодуванням за Хафманом із фіксованою таблицею, JBIG (Joint Bi-level Experts Group) — стиснення шляхом виділення бітових площин [3] та Lossless JPEG (Joint Photographic Expert Group) — із застосуванням дискретного косинусного перетворення та кодування за Хафманом. Недоліком усіх зазначених алгоритмів є невисокий ступінь стиснення (в середньому 1.5 – 5 разів).

© Реута А.В., 2006

Значно ефективніші в цьому плані алгоритми стиснення з втратами, в яких більш-менш враховується когерентність областей зо-

браження — їх кольорова та/або структурна подібність. Такими є алгоритми JPEG, фрактальна архівація, в якій зображення подається коефіцієнтами системи ітерованих функцій (IFS — Iterated Function System) та рекурсивний (хвильовий) алгоритм, на основі вейвлет-перетворення [4]. Зазначені алгоритми дозволяють досягти в середньому стиснення у 10 – 200 разів, що значно перевищує цей показник для алгоритмів без втрат, але не забезпечують збереження якості зображення та можуть відзначаються значною асиметричністю (до 10000 для фрактального методу).

Розвиток сучасних методів стиснення зображень характеризується застосуванням в рамках одного алгоритму різних підходів в поданні (кодуванні) вихідного зображення, які максимально враховують його структури і кольорові властивості. Прикладом такого алгоритму є JPEG 2000, в якому одночасно застосовується дискретне вейвлет-перетворення, арифметичне стиснення та управління якістю окремих областей зображення. Від дозволяє виконувати стиснення як з втратами, так і без них. Даний алгоритм є в значній мірі універсальним і не враховує такі особливості проєкційних зображень автоматизованих (зокрема, фотограмметричних) систем як мультиспектральність, нерівномірне квантування, надаючи, між тим, засоби, що для таких зображень є непотрібними (наприклад, прозорість).

В роботі [5] запропонована методика подання таких зображень у вигляді послідовності бінарних образів різного рівня декомпозиції (апроксимуючих компонент) і напівтонового образу (деталізуючої компоненти), на основі якої розв'язуються задачі їх аналізу і ідентифікації, а також можуть бути побудовані ефективні процедури стиснення. Однак, значна неоднорідність образів у деяких випадках не дає можливості досягти високих коефіцієнтів стиснення.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Слід вдосконалити спосіб подання растрових проєкційних зображень, запропонований в [5], який би забезпечував більшу однорідність образів, що подають розподіл яскравості. А також враховував би особливості їх формоутворення в автоматизованих системах дистанційного збору інформації.

Основна частина

В даній роботі пропонується вдосконалення схеми побудови подання растрових фотограмметричних зображень на основі бінарних

образів, запропонованої в [5]. Вдосконалення стосується заміни бінарних образів, що відповідають певним рівням яскравості вихідного зображення, образами, які подають відмінності між суміжними рівнями яскравості. В останньому випадку неоднорідність образів значно менша, що веде до збільшення коефіцієнта стиснення результуючого подання.

Вихідне растрове зображення подається матрицею яскравості $F = \|f_{ij}\|_{n \times m}$ розміром $n \times m$, де n і m — кількість пікселів у растрі по вертикалі і горизонталі, відповідно. (Далі скрізь вважається, що індекси елементів матриць приймають значення: $i = \overline{1, n}$ та $j = \overline{1, m}$.) Кожний елемент матриці F має значення яскравості відповідного пікселя зображення, яке лежить в діапазоні від 0 до $N - 1$, де N — кількість рівнів яскравості зображення (типове значення $N = 256$). Далі виконується перехід від матриці F до множини $\mathbf{B} = \{B^{(1)}, B^{(2)}, \dots, B^{(N)}\}$ бінарних образів, які формуються на основі виразу:

$$B^{(k)} = \|b_{ij}^{(k)}\|_{n \times m}, \quad b_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1, & f_{ij} \geq k; \\ 0, & f_{ij} < k. \end{cases} \quad k = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Кожний бінарний образ має значну неоднорідність, яка є перешкодою для підвищення коефіцієнта його стиснення. Тому пропонується для подання зображення використовувати не самі бінарні образи, а образи відмінностей:

$$D^{(k)} = B^{(k)} \oplus B^{(k+1)}, \quad k = \overline{1, N-1}, \quad (2)$$

що формуються наступним чином:

$$D^{(k)} = \|d_{ij}^{(k)}\|_{n \times m}, \quad d_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1, & b_{ij}^{(k)} \neq b_{ij}^{(k+1)}; \\ 0, & b_{ij}^{(k)} = b_{ij}^{(k+1)}, \end{cases} \quad k = \overline{1, N-1}. \quad (3)$$

Саме зображення в цьому випадку подається змішаним набором образів $\mathbf{H} = \{B^{(1)}, D^{(1)}, D^{(2)}, \dots, D^{(N-1)}\}$. Кількість образів залишається незмінною, але між образами набору \mathbf{H} спостерігається значно більша однорідність, ніж між образами набору \mathbf{B} . Крім того, при здійсненні стиснення із втратами, пропуск образу $D^{(k)}$ в наборі \mathbf{H} призводить до

значно меншого погіршення якості зображення, ніж при знехтуванні образом $B^{(k)}$ в наборі \mathbf{B} .

Відновлення зображення на основі образів набору \mathbf{H} здійснюється наступною схемою. Спочатку відновлюються бінарні образи $B^{(k)}$:

$$B^{(1)}, B^{(2)} = B^{(1)} + D^{(1)}, B^{(3)} = B^{(2)} + D^{(2)}, \dots B^{(k)} = B^{(k-1)} + D^{(k-1)}, \quad (4)$$

а тоді саме вихідне зображення:

$$F = \sum_{k=1}^N k \cdot B^{(k)}. \quad (5)$$

Для виконання стиснення образів набору \mathbf{H} також можна використовувати схеми, запропоновані в [5], але при цьому значення коефіцієнта стиснення збільшується майже на 12%.

Як приклад розглянемо напівтонове фотограмметричне зображення розміром 400×400 пікселів, яке має 256 рівнів яскравості (рис. 1а). Бінарний образ цього зображення, що відповідає рівню яскравості 150 поданий на рис. 1б, а на рис. 1в — образ відмінності, на якому виділені піксели, що змінюють своє значення при переході до бінарного образу наступного рівня. Загальна кількість виділених пікселів на рис. 1в дорівнює 1089, що становить 0,68% від загальної кількості пікселів.

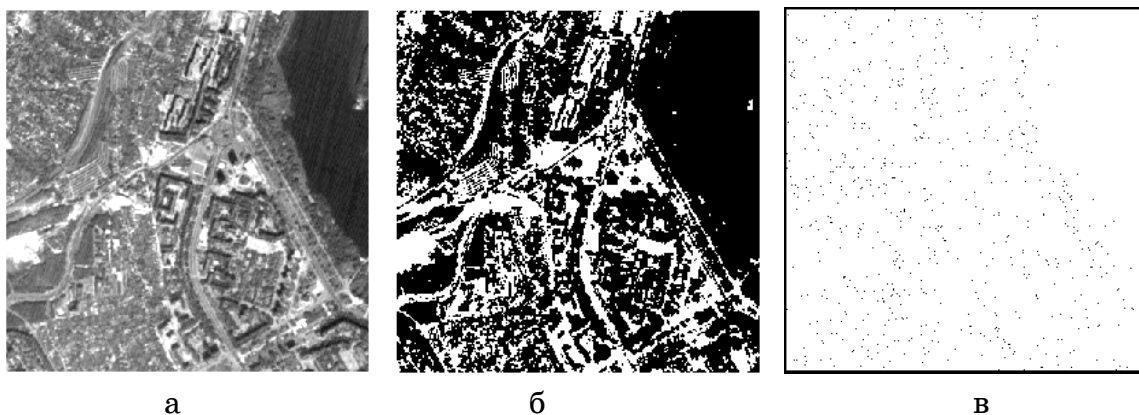


Рисунок 1 – Вихідне фотограмметричне зображення (а), його бінарний образ (б), що відповідає рівню яскравості 150, та образ відмінностей (в) для рівня 151

На рис. 2 показаний графік зміни кількості відмінних пікселів між суміжними бінарними образами зображення, поданого на рис. 1а.

Максимальний розбіг між суміжними образами складає 2244 піксели (образи рівнів яскравості 120 і 121), що при загальній кількості пікселів у зображенні 160000 становить 1,4%. Таким чином, образи відмінностей мають неоднорідність близько 1%.

Крім того, на рис. 2 видно, що розподіл кількості відмінних пікселів має декілька окремих піків. Це означає, що між певними образами відмінностей є значне розходження. В той же час, переважна більшість образів має розходження не більше ніж 1000 пікселів або 0,63%, що при здійсненні стиснення із втратами дає можливість вилучити з результуючого набору значну кількість образів, які з визначеною точністю збігаються із суміжними. При цьому кількість суттєво відмінних образів складає близько 4% від їх загальної кількості.

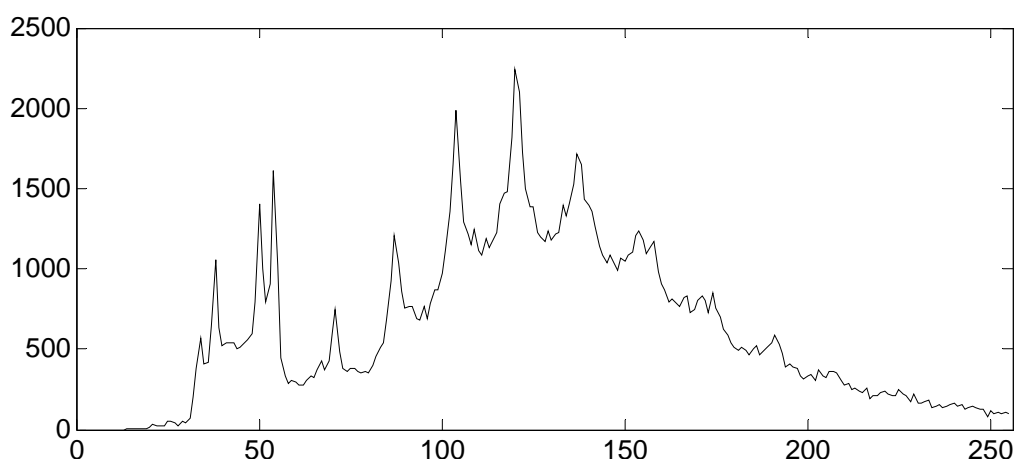


Рисунок 2 – Зміна кількості відмінних пікселів між бінарними образами в залежності від рівня яскравості

Слід також додати, що така ситуація є типовою для фотограмметричних зображень, які подають елементи земної поверхні без різких змін висоти рельєфу.

Висновки та перспективи подальших досліджень

На базі запропонованого підходу було розроблено програмний модуль-компресор фотограмметричних напівтонових зображень, який при стисненні без втрат дозволив отримувати графічні файли розміром на 23% менші за файли формату GIF (у порівнянні із форматом JPEG стиснення було гірше на 8%).

Подальшими напрямками розвитку алгоритму є дослідження можливостей внесення втрат на основі аналізу зміни образів відмін-

ностей, а також його розширення на обробку мультиспектральних зображень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яншин В. В. Анализ и обработка изображений (принципы и алгоритмы). — М.: Машиностроение, 1995. — 336 с.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. — 384 с.
3. Progressive Bi-level Image Compression, Revision 4.1 // ISO/IEC JTC1/SC2/WG9, CD 11544, September 16, 1991.
4. J. H. Kasner, M. W. Marcellin. Adaptive wavelet coding of images. Proc. IEEE Int. Conf. Image Proc. (ICIP), vol. 3, (Austin, TX), pp. 358 – 362, November 1994.
5. Реута О. В. Аналіз та обробка растрових зображень на основі їх бінарних образів // Современные проблемы геометрического моделирования: Сборник трудов Украинно-российской научно-практической конференции. Спец. выпуск. — Харьков, 2005. — С. 318 – 323.

Получено 30.01.2006 г.