

4. Куценко Л.М. Визначення паралельних кривих як розв'язку диференціального рівняння ейконал // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2003. - Вип. 72. – С. 37-42.
5. Шоман О.В. Геометрическое моделирование поверхностей раздела двухфазных гетерогенных смесей // Вестник Херсонского государственного техн. Университета, 2002. - Том 15. - № 2. - С. 509-512.
6. Куценко Л.М., Шоман О.В. Метод опису паралельних поверхонь за допомогою нормальних функцій // Геометричне та комп'ютерне моделювання. - Харків: ХДУХТ, 2004. - Вип. 5. - С. 12-19.
7. Шоман О.В. Метод опису еквіфазних поверхонь гетерогенного процесу // Геометричне та комп'ютерне моделювання. - Харків: ХДУХТ, 2004. - Вип. 4. - С. 107-114.
8. Шоман О.В. Метод опису паралельних поверхонь як графічних проявів гетерогенних процесів // Геометричне та комп'ютерне моделювання. - Харків: ХДУХТ, 2005. - Вип. 13. - С. 105-114.

Получено 17.03.2006 г.

УДК 528.71

О.В.Реута

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ПРОЕКЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ДВУВИМІРНОГО КОДУВАННЯ

Постановка проблеми

Процеси отримання проекційних зображень у сучасних системах дистанційного зондування земної поверхні здебільшого орієнтовані на збереження і передачу таких зображень у растровому форматі безвідносно до особливостей їх проекційної природи, що вносить значну інформаційну збитковість і знижує ефективність відповідних автоматизованих систем. Між тим в теперешній час мається значна кількість алгоритмів, методів і методик усунення такої збитковості, але в них також не враховуються особливості проекційних зображень зазначеного типу. Розв'язання зазначеної проблеми вбачається, з одного боку, у розробці таких форм подання растрових проекційних зображень, які б забезпечували можливість ефективного застосування сучасних алгоритмів стиснення, а з іншого — відповідна адаптація обраних алгоритмів.

© О.В.Реута, 2006

Аналіз останніх досліджень

Серед алгоритмів без втрат широке застосування знайшли RLE — 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 Хаффманом з фіксованою таблицею, CCITT Group 4 — модифікація попереднього методу, в якій виконується стиснення різниці двох послідовних рядків растру (в тепершній час ці алгоритми мають назви ITU-T T4 і ITU-T T6, відповідно) [1 – 2], 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 Хаффманом. Недоліком усіх зазначених алгоритмів є невисокий ступінь стиснення (в середньому 1.5–5 разів), який у більшості випадків для сучасних інформаційних систем є недостатнім.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Ціллю статті є розробка способу стиснення растрових проєкційних зображень без втрат, який би враховував особливості їх формоутворення в автоматизованих системах дистанційного збору інформації, зокрема, фотографічних.

Основна частина

Дана робота є розвитком підходу, запропонованого в [4 – 5] для розв’язання проблеми реконструкції растрових зображень. Процедура стиснення такого зображення, що пропонується, виконується за наступною схемою: вихідне зображення → оптимальне дискретне (растрове) подання → послідовність бінарних образів (основних компонент) + деталізуючий образ (допоміжна компонента) → послідовність стиснутих бінарних образів + стиснутий допоміжний образ.

Вихідне зображення подається функцією розподілу яскравості $f(\mathbf{r})$, де $\mathbf{r} = (x, y)$ — радіус-вектор точки зображення в картинній площині. Оптимальне дискретне кодування здійснюється на основі нерівномірного квантування за рівнем яскравості за методикою, запропонованою в [6]. Отримане таким чином растрове зображення має значно вищу сигнальну ентропію (інформативність) в порівнянні з

растровим відповідним зображенням, одержаним при рівномірному квантуванні.

Наступним етапом є подання растрового зображення послідовністю його бінарних і деталізуючого образів:

$$f(\mathbf{r}) = \sum_{k=1}^P Z_k \cdot \bar{f}_k(\mathbf{r}) + \tilde{f}_P(\mathbf{r}), \quad (1)$$

де $\bar{f}_k(\mathbf{r})$ — бінарний образ вихідного зображення, отриманий на k -ому кроці деталізації; Z_k — поріг яскравості виділення бінарного образу на k -ому кроці деталізації; P — кількість виділених бінарних образів; $\tilde{f}_P(\mathbf{r})$ — деталізуючий образ, виділений на P -ому кроці деталізації.

Виділення бінарного образу на k -ому кроці деталізації здійснюється за формулою:

$$\bar{f}_k(\mathbf{r}) = \begin{cases} 1, & \tilde{f}_{k-1}(\mathbf{r}) \geq Z_k; \\ 0, & \tilde{f}_{k-1}(\mathbf{r}) < Z_k, \end{cases} \quad (2)$$

а деталізуючого образу:

$$\tilde{f}_k(\mathbf{r}) = \tilde{f}_{k-1}(\mathbf{r}) - Z_k \cdot \bar{f}_k(\mathbf{r}). \quad (3)$$

В результаті при фіксованому значенні рівня деталізації P вихідне зображення подається у вигляді послідовності:

$$Z_1, Z_2, \dots, Z_P, \bar{f}_1(\mathbf{r}), \bar{f}_2(\mathbf{r}), \dots, \bar{f}_P(\mathbf{r}), \tilde{f}_P(\mathbf{r}), \quad (5)$$

якої достатньо, щоб на основі виразу (1) відновити вихідне зображення $f(\mathbf{r})$ без втрат якості.

Ряд (5) може бути продовжено до того моменту, коли подання деталізуючої компоненти стане можливим з використанням одного біта на піксел. Тобто, коли вона сама перетвореться на бінарний образ.

Для стиснення бінарних образів в теперешній час найбільш ефективними є алгоритми, запропоновані підрозділом Міжнародного Союзу Телекомунікацій ITU-T, T4 (Group 3) та T6 (Group 4). Останній алгоритм впроваджує двовимірне кодування і є модифікацією одно-

вимірної схеми (Т4), яка, в свою чергу є модифікацією оригінального метода Хаффмана.

Нижче, як приклад, наведені вихідне зображення $f(\mathbf{r})$, його основна $f_0(\mathbf{r})$ і допоміжна $\tilde{f}_0(\mathbf{r})$ компоненти (рис. 1 а,б,в, відповідно).

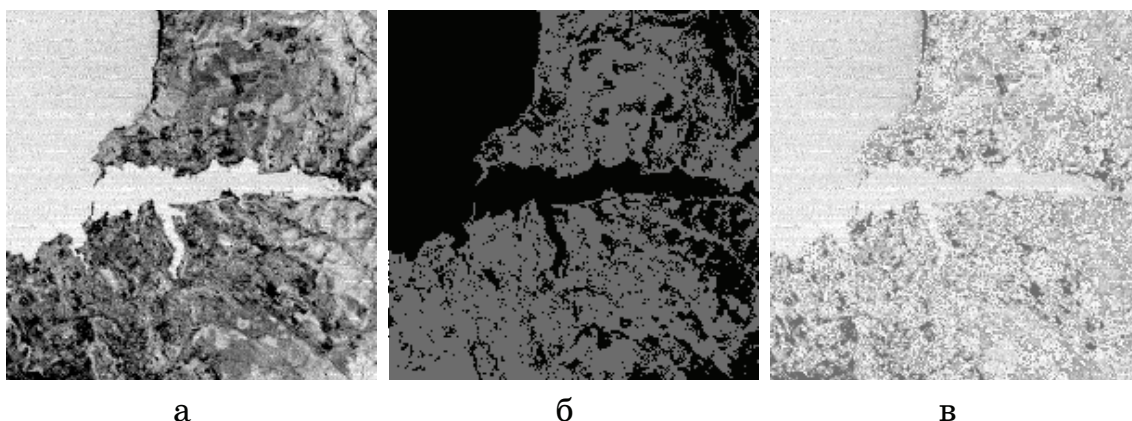


Рис. 1

Процедуру виділення основної компоненти (5) можна продовжити. При цьому k -ій ітерації за вихідне зображення приймається $\tilde{f}_{k-1}(\mathbf{r})$. В результаті розподіл яскравості вихідного зображення $f(\mathbf{r})$ може бути поданий у вигляді суми ряду:

$$f(\mathbf{r}) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k(\mathbf{r}) \approx \sum_{k=0}^P f_k(\mathbf{r}). \quad (6)$$

Точність подання визначається кількістю елементів ряду P . Оцінюючи її значенням середньоквадратичної помилки E_P , для зображення, поданого на рис. 1, а, маємо: $E_0 \approx 4016$, $E_1 \approx 1286$, $E_2 \approx 436$, $E_3 \approx 163$. Таким чином, збільшення кількості елементів ряду (6) на один зменшує значення середньоквадратичної помилки подання зображення приблизно на $32 + (P-1) \cdot 1.8$ відсотки.

Перевагою застосування ряду (6) є можливість заміни багатотонового зображення послідовністю його бінарних образів, які забезпечують більший коефіцієнт стиснення. Так, для зображення, наведеного на рис. 1, а, послідовність з чотирьох ($P=3$, $E_3 \approx 163$) образів поданих в форматі BMP на основі алгоритму RAR стискається до 22320 байтів, в той час як відомий алгоритм JPEG для середньоквад-

ратичної помилки $E \approx 161$ дозволяє отримати файл того ж зображення обсягом 21804 байтів. При цьому в останньому випадку на зображенні стають суттєво помітними притаманні цьому алгоритму артефакти у вигляді структурованих зон розмиття. При застосуванні запропонованого алгоритму відновлене зображення характеризується зниженням контрастності, яку, однак, можна скорегувати на наступних етапах обробки.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розвинуто підхід до стиснення растрових напівтонових зображень, запропонований в [5], який може бути поширений на мультиспектральні зображення. Проведення подальших досліджень буде пов'язано з визначенням оптимального значення рівня деталізації P , який би забезпечив максимальне стиснення зображень різної природи: фотографічних, рентгенівських, ультразвукових та інших.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. — М.: Техносфера, 2004. — 368 с.
2. Ватолин Д.С. Алгоритмы сжатия изображений. — М.: Диалог-МГУ, 1999. — 384 с.
3. Progressive Bi-level Image Compression, Revision 4.1 // ISO/IEC JTC1/SC2/WG9, CD 11544, September 16, 1991.
4. Гнатушенко В.В., Реута О.В. Реконструкція растрових зображень на основі їх інваріантної геометричної моделі // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. — Мелітополь: ТДАТА, 2004. — Вип. 4, т. 24. — С. 99 – 103.
5. Гнатушенко В.В., Реута О.В. Стиснення растрових проєкційних зображень на основі їх бінарних образів // Прикладна геометрія та інженерна графіка. - К.: КНУБА, 2004. – Вип. 74. – С. 146-152.
6. Корчинський В.М. До питання про оптимальне дискретне подання напівтонових проєкційних зображень // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. — Мелітополь: ТДАТА, 2004. — Вип. 4, т. 24. — С. 22 – 26.

Получено 13.03.2006 г.