

УДК 004.932.2:519.68

**ЕФЕКТИВНІСТЬ СТИСНЕННЯ ПАЛІТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ  
АЛГОРИТМОМ JPEG 2000**

*Кумиш В.Ю.*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1.*

*kumish@mail.ru*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЖАТИЯ ПАЛИТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
АЛГОРИТМОМ JPEG 2000**

*Кумыш В.Ю.*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнецкая, 1.*

*kumish@mail.ru*

**THE EFFECTIVENESS OF PALETTED IMAGE COMPRESSION USING  
THE JPEG 2000 ALGORITHM**

*Kumysh V.U.*

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,  
1 Kovalska St., Odessa 65029, Ukraine.*

*kumish@mail.ru*

**Анотація.** В роботі представлено дослідження ефективності стиснення палітрових зображень алгоритмом JPEG 2000. Показано, що у середньому, адаптивне палітрове кодування зображень забезпечує коефіцієнт стиснення алгоритмом JPEG 2000 4,25, що на 4,5% або в 1,05 рази більше ніж при стисненні оригінальних повноколірних зображень алгоритмом JPEG 2000 з показником якості  $k = 68$ .

**Ключові слова:** адаптивне палітрове кодування, стиснення зображень, алгоритм JPEG 2000

**Аннотация.** В работе представлено исследование эффективности сжатия палитровых изображений алгоритмом JPEG 2000. Показано, что в среднем, адаптивное палитровое кодирование изображений обеспечивает коэффициент сжатия алгоритмом JPEG 2000 4,25, что на 4,5% или в 1,05 раза больше чем при сжатии оригинальных полноцветных изображений алгоритмом JPEG 2000 с показателем качества  $k = 68$ .

**Ключевые слова:** адаптивное палитровое кодирование, сжатие изображений, алгоритм JPEG 2000

**Abstract.** The investigation of the effectiveness of paletted image compression using the JPEG 2000 algorithm is presented in the paper. It is shown that the paletted adaptive image coding provides the JPEG 2000 compression ratio 4.25, on average. That is on 4.5% or 1.05 times more than the original full-color image compression ratio when using JPEG 2000 algorithm with quality 68.

**Key words:** adaptive palette encoding, image compression, JPEG 2000 algorithm

В прикладних телевізійних системах та відеозастосуваннях, які не потребують якості мовного телебачення, ефективно застосовуються палітрові методи кодування зображень, такі як Microsoft Run Length Encoding [1], Microsoft Video 1 [2], CDXL [3], FLIC [4] та ін. Дані методи забезпечують низьку обчислювальну складність та високу швидкість процесів кодування/декодування, а також простоту реалізації. З метою удосконалення перелічених методів були запропоновані палітрові графічні формати з постійною та змінною довжиною коду [5] та однобайтний палітровий формат відеофайлу [6], в яких використовується попереднє зменшення надлишковості кольорів, що дає можливість використовувати для кодування зображень адаптивну палітру та забезпечує прийнятну якість візуального сприйняття зображення.

У запропонованих палітрових форматах скорочення обсягів файлів зображень досягається за рахунок кодування кольорів адаптивної палітри їх індексами. Слід очікувати, що використання адаптивного палітрового кодування дозволить вирішити актуальну задачу підвищення ефективності існуючих алгоритмів стиснення цифрових зображень.

Метою даної роботи є дослідження впливу адаптивного палітрового кодування на ефективність стиснення кольорових зображень алгоритм JPEG 2000 [7, 8].

Розглянемо узагальнено особливості реалізації алгоритму JPEG 2000. На першому етапі стиснення алгоритмом JPEG2000 виконується попередня обробка вхідного зображення: зображення рівномірно розділяється на окремі прямокутні області (tiles), кожна з яких буде опрацьована окремо. Над отриманими вибірками виконується перетворення зсуву, таким чином, щоб центрувати динамічний діапазон вибірки відповідно нуля. Далі, в залежності від обраного режиму кодування, виконується перетворення зображення з простору RGB у один із просторів кольорів, які використовуються у JPEG 2000. За замовчанням виконується перетворення з простору RGB у простір YCbCr. У випадку стиснення без втрат використовується перетворення у простір RCT [9], яке не супроводжується спотвореннями кольорів.

На наступному етапі виконується пірамідальне дискретне вейвлет-перетворення. Для режиму стиснення без втрат це цілочисельне «5/3» вейвлет-перетворення, у випадку стиснення з втратами - перетворення з плаваючою комою «9/7». Далі здійснюється блокове кодування коефіцієнтів вейвлет-перетворення, для чого області зображення додатково поділяються на блоки, які зчитуються горизонтальними смугами висотою в 4 елементи зображення. Для кожного блоку будується контекстна модель, згідно якої виконується арифметичне кодування. Використання вейвлет-перетворення, незалежного блокового кодування та блокового режиму запису в файл дозволяє синтезувати одне й теж зображення з різними значеннями роздільної здатності і якості візуального сприйняття.

Виконаємо аналіз впливу адаптивного палітрового кодування телевізійних зображень на ефективність стиснення алгоритмом JPEG 2000. Для експериментальних досліджень будемо використовувати зображення з [10], закодовані триплетами RGB після векторного квантування, а також однобайтовими палітровими кодами [5].

Очевидно, що для зображень закодованих у палітровому форматі необхідно застосувати стиснення алгоритмом JPEG 2000 без втрат. Для адекватності порівняння різних методів кодування, стиснення квантованих зображень слід також здійснювати у режимі без втрат.

У дослідженнях використовувався еталонний кодек JasPer (JPEG 2000) версії 1.500.4 [11]. Було розроблене відповідне застосування, яке виконує квантування, однобайтне палітрове кодування [5] та стиснення зображень кодеком JasPer за наступним алгоритмом:

- Крок 1. Адаптивне векторне квантування вхідного зображення в просторі кольорів;
- Крок 2. Формування заголовку файлу:
  - запис коду 2000 у поле Тип стиснення;
  - запис адаптивної палітри у заголовок файлу;
- Крок 3. Кодування квантованого зображення однобайтними індексами кольорів в адаптивній палітрі;
- Крок 4. Стиснення закодованих растрових даних зображення алгоритмом JPEG 2000 в режимі без втрат;
- Крок 5. Запис стиснутих растрових даних зображення в інформаційну частину файлу.

Для експериментальних досліджень використовувались тестові зображення зі спеціалізованої бази [10]. На першому етапі виконані дослідження стиснення оригінальних зображень у форматі bmp кодеком JasPer. Найбільш характерні результати цього дослідження наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Стиснення зображень у форматі BMP кодеком JasPer

| Ім'я файлу | Розмір файлу зображення $v_{bmp}$ , Байт | Розмір файлу зображення після стиснення $v_{bmp,c}$ , Байт | Коефіцієнт стиснення $k_{bmp}$ |
|------------|--|--|--------------------------------|
| 8143       | 463 578                                  | 235 386  | 1,97                           |
| 26031      | 463 738                                  | 210 649  | 2,20                           |
| 28075      | 463 578                                  | 206 320  | 2,25                           |
| 35091      | 463 578                                  | 231 268  | 2,00                           |
| 87065      | 463 578                                  | 235 464  | 1,97                           |
| 113044     | 463 578                                  | 232 721  | 1,99                           |
| 117054     | 463 578                                  | 170 833  | 2,71                           |
| 140055     | 463 578                                  | 211 918  | 2,19                           |
| 140075     | 463 578                                  | 196 521  | 2,36                           |
| 164074     | 463 578                                  | 193 615  | 2,39                           |

На другому етапі досліджувалось стиснення квантованих та палітрових зображень. У табл. 2 наведені характерні результати стиснення зображень закодованих квантованими триплетами RGB (коефіцієнт стиснення  $k_{RGB} = v_{bmp}/v_{RGB,c}$ , де  $v_{RGB,c}$  – розмір файлу зображення закодованого квантованими триплетами RGB після стиснення. Для палітрових зображень з квантованих триплетів RGB формувалась палітра  $P = \{(R, G, B)_i : i \in [0,255]\}$ , а самі триплети кодувались однобайтними кодами індексів палітри  $i$  (коефіцієнт стиснення  $k_p = v_{bmp}/v_{p,c}$ , де  $v_{p,c}$  – розмір файлу палітрового зображення після стиснення).

Таблиця 2 – Коефіцієнти стиснення квантованих та палітрових зображень

| Ім'я файлу | Зображення закодовані квантованими триплетами RGB (24 біта на елемент зображення) |           | Зображення закодовані у однобайтовому палітровому форматі (8 біт на елемент зображення) |       |
|------------|---|-----------|---|-------|
|            | $v_{RGB,c}$ , Байт  | $k_{RGB}$ | $v_{p,c}$ , Байт  | $k_p$ |
| 8143       | 287 126   | 1,61      | 125 514   | 3,69  |
| 26031      | 236 766   | 1,96      | 118 619   | 3,91  |
| 28075      | 261 050   | 1,78      | 111 967   | 4,14  |
| 35091      | 277 160   | 1,67      | 113 335   | 4,09  |
| 87065      | 279 274   | 1,66      | 117 713   | 3,94  |
| 113044     | 287 143   | 1,61      | 110 141   | 4,21  |
| 117054     | 217 716   | 2,13      | 102 581   | 4,52  |
| 140055     | 259 684   | 1,79      | 109 149   | 4,25  |
| 140075     | 236 663   | 1,96      | 95 791  | 4,84  |
| 164074     | 231 803   | 2,00      | 96 192  | 4,82  |

Як впливає з аналізу результатів для зображень закодованих у палітровому форматі мінімальний коефіцієнт стиснення  $k_{p,min} = 3,5$ , а  $k_{p,max} = 4,84$ . У середньому, для зображень закодованих у палітровому форматі  $\langle k_p \rangle = 4,25$ , що у 2,3 рази більше, ніж при стисненні квантованих зображень, закодованих триплетами RGB ( $\langle k_{RGB} \rangle = 1,85$ ).

У порівнянні зі стисненням оригінальних зображень, за рахунок адаптивного векторного квантування та палітрового кодування коефіцієнт стиснення  $\langle k_p \rangle$ , у середньому, у 1,91 раза більший ніж  $k_{\text{bmp}}$ . Слід зазначити, що адаптивне векторне квантування [5] дозволяє зменшити колірну надлишковість повнокольорових зображень в середньому в 217 разів, забезпечуючи прийнятну якість візуального сприйняття квантованих зображень з піковим співвідношенням сигнал/шум  $PSNR = 39,13$  дБ.

Порівняємо показники стиснення алгоритмом JPEG 2000 палітрових зображень в режимі без втрат та повнокольорових зображень у режимі з втратами з показником якості  $k = 68$ , який був обраний виходячи з вимоги дотримання середнього рівня  $PSNR = 39,13$  дБ. З використанням тестових зображень були виконані дослідження коефіцієнтів стиснення  $k_{68c} = v_{\text{bmp}}/v_{68,c}$ , де  $v_{68,c}$  – розмір файлу зображення після стиснення JPEG 2000 з  $k = 68$  та ефективності стиснення  $E = v_{p,c}/v_{68,c}$ . Зазначимо, що подальше зменшення  $k$  недоцільне, оскільки стають помітними спотворення зображень, що призводить до зменшення рівня пікового співвідношення сигнал/шум, наприклад, для  $k = 65$  –  $PSNR = 38,21$  дБ,  $k = 60$  –  $PSNR = 36,62$  дБ, а для  $k = 55$  –  $PSNR = 35,05$  дБ.

Найбільш характерні результати цих досліджень наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Стиснення оригінальних зображень з  $k = 68$

| Ім'я файлу | $v_{68,c}$ , Байт | $k_{68c}$ | $E$  |
|------------|-------------------|-----------|------|
| 8143       | 136 345           | 3,40      | 1,09 |
| 26031      | 123 513           | 3,75      | 1,04 |
| 28075      | 107 815           | 4,30      | 0,96 |
| 35091      | 123 404           | 3,76      | 1,09 |
| 87065      | 133 224           | 3,48      | 1,13 |
| 113044     | 126 596           | 3,66      | 1,15 |
| 117054     | 96 378            | 4,81      | 0,94 |
| 140055     | 112 404           | 4,12      | 1,03 |
| 140075     | 101 917           | 4,55      | 1,06 |
| 164074     | 102 951           | 4,50      | 1,07 |

Проведений аналіз показав, що  $k_{68c,\text{min}} = 3,26$ , а максимальне значення  $k_{68c,\text{max}} = 4,81$ . У середньому, по тестових зображеннях –  $\langle k_{68c} \rangle = 4,07$ , а ефективність стиснення  $\langle E \rangle = 1,05$  або 4,5%.

### Висновки

Показано, що у середньому, адаптивне палітрове кодування зображень забезпечує коефіцієнт стиснення алгоритмом JPEG2000 4,25, що в 2,3 рази більше, ніж при стисненні квантованих зображень, закодованих триплетами RGB.

Порівняно зі стисненням оригінальних зображень JPEG 2000 з показником якості  $k = 68$  кодування однобайтними палітровими кодами дозволяє забезпечити ефективність стиснення 1,05, або 4,5%.

Слід очікувати, що адаптивне палітрове кодування дозволить підвищити ефективність стиснення відео потоку алгоритмом Motion JPEG2000.

ЛІТЕРАТУРА

1. RGB Pixel Formats [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fourcc.org/rgb.php>. – Дата доступу: 14.06.2013.
2. Description of the Microsoft Video-1 Decoding Algorithm [Електронний ресурс].– Режим доступу:<http://multimedia.cx/video1.txt>.–Дата доступу: 14.06.2013.
3. Патент на винахід "Apparatus and method for transferring interleaved data objects in mass storage devices into separate destinations in memory" № 5293606 від 08.03.1994 автора С. Е. Sassenrath.
4. Kent J. The FLIC File format / J. Kent // Dr. Dobb's Journal, 1992. – V. 18.– № 3.
5. Загребнюк В. І. Однобайтові палітрові графічні формати для зберігання цифрових кольорових зображень [Текст] / В. І. Загребнюк, В. Ю. Кумиш // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 4/2. – С. 63–66.
6. Кумиш В. Ю. Однобайтний палітровий формат відеофайла [Текст] / В. Ю. Кумиш // Цифрові технології. – Одеса: Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, 2014. – Вип. 16. – С. 146–154.
7. Marcellin M.W. An overview of JPEG-2000 / M. W. Marcellin, M. J. Gormish, A. Bilgin, M. P. Boliek // Data Compression Conference, 2000. Proceedings. DCC 2000. – IEEE, 2000. – С. 523–541.
8. Santa-Cruz, D. An analytical study of JPEG 2000 functionalities / D. Santa-Cruz, T. Ebrahimi // 2000 International Conference on Image Processing, 2000. Proceedings.– IEEE, 2000. – V. 2. – С. 49–52.
9. Gormish, M.J. Lossless and nearly lossless compression of high-quality images / M. J. Gormish, E. L. Schwartz, A. F. Keith, M. P. Boliek, and A. Zandi // Proc. of SPIE. – 1997. – 3025. – С. 62–70.
10. Martin D. A Database of Human Segmented Natural Images and its Application to Evaluating Segmentation Algorithms and Measuring Ecological Statistics / D. Martin, C. Fowlkes, D. Tal, J. Malik. – Proceedings 8th Intel Conference Computer Vision, 2001. – V. 2. – С. 416–423
11. JasPer Software Reference Manual Version1.500.4: ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 № 2415. – [Чинний від 2001–12–25]. – Режим доступу: <http://www.ece.ubc.ca/~mdadams/jasper>

REFERENCES

1. "RGB Pixel Formats." RGB Pixel Formats. Web. 11 Feb. 2015. <<http://www.fourcc.org/rgb.php>>.
2. "Description of the Microsoft Video-1 Decoding Algorithm." Web. 1 Nov. 2014. <<http://multimedia.cx/video1.txt>>.
3. Carl E., Sassenrath. "Apparatus and Method for Transferring Interleaved Data Objects in Mass Storage Devices into Separate Destinations in Memory US005293606A." United States Patent, 8 Mar. 1994. Web. 1 Nov. 2014. <<http://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5293606.pdf>>.
4. Kent, J. "The FLIC File Format." Dr. Dobb's Journal 18.3 (1992). Web.
5. Zagrebnyuk, V.I., and V.U. Kumysh "Single-byte palette image file formats to store digital color images." Eastern-European Journal of Enterprise Technologies EEJET 4(2) (2009): 63-66. Print.
6. Kumysh, V.U. "Paletted video file format with single-byte code length." Digital Technologies 16 (2014): 146-154. Print.
7. Marcellin, M.W., M.j. Gormish, A. Bilgin, and M.p. Boliek. "An Overview of JPEG-2000." Proceedings DCC 2000. Data Compression Conference. Print.
8. Santa-Cruz, D., and T. Ebrahimi. "An Analytical Study of JPEG 2000 Functionalities." Proceedings 2000 International Conference on Image Processing (Cat. No.00CH37101). Print.
9. Gormish, Michael J., Edward L. Schwartz, Alexander F. Keith, Martin P. Boliek, and Ahmad Zandi. "Lossless and Nearly Lossless Compression for High-quality Images." Proceedings of SPIE (1997). Print.
10. Martin, D., C. Fowlkes, D. Tal, and J. Malik. "A Database of Human Segmented Natural Images and Its Application to Evaluating Segmentation Algorithms and Measuring Ecological Statistics." Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV 2001. Print.
11. Adams, Michael. "JasPer Software Reference Manual Version1.500.4: ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 №2415." (2015). The JasPer Project Home Page. ISO/IEC. Web. 13 July 2015. <<http://www.ece.ubc.ca/~mdadams/jasper/>>.