

Література

1. Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли: учеб. пособ. для вузов / Г.С. Кондратенков, А.Ю. Фролов. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с. (Сер. Радиолокация).
2. Радиолокационные станции бокового обора / Реутов А.П., Михайлов Б.А., Кондратенков Г.С, Бойко Б.В. – М.: Сов. радио, 1970. – 386 с.
3. Harger R.O. Synthetic aperture radar system. – New-York, London, Academic Press, 1970.
4. Кондратенков Г.С. Обработка информации когерентными оптическими системами / Г.С. Кондратенков. – М.: Сов. радио, 1972. – 321 с.
5. Авт. свид. СССР №21080. Ультразвуковой спектроанализатор радиолокационных сигналов с использованием явления дифракции света на ультразвуковых волнах в прозрачной среде, возбуждаемых радиолокационными сигналами / Кондратенков Г.С.
6. Кондратенков Г.С. Некоторые вопросы теории оптической обработки радиолокационных сигналов / Г.С. Кондратенков // Труды ВВИА им. Н.Е. Жуковского. – 1962. – № 944. – С. 65-73.
7. Радиолокационные станции обзора Земли / Потехин В.А., Реутов А.П., Феоктистов Ю.А.; под ред. Г.С. Кондратенкова. – М.: Радио и связь, 1983. – 218 с.
8. Саблин В.Н. Разведывательно-ударные комплексы и радиолокационные системы наблюдения земной поверхности / Саблин В.Н. – М.: Радиотехника, 2002. – 258 с.
9. Неронский Л.Б. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны / Л.Б. Неронский, В.Ф. Михайлов, К.В. Брагин. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 1999. – 234 с.
10. Вакин С.А. Основы радиоэлектронной борьбы / С.А. Вакин, Л.Н. Шустов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1998. – 366 с.

УДК 655.26+004.925.5

Загребнюк В.І., к.т.н. (*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова*)

ПАЛІТРОВИЙ ФОРМАТ ЦИФРОВИХ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З АДАПТИВНОЮ ДОВЖИНОЮ КОДУ

Загребнюк В.І. Палітровий формат цифрових кольорових зображень з адаптивною довжиною коду. У роботі запропоновано новий палітровий формат для кодування цифрових зображень та опорних кадрів відео послідовностей. У запропонованому форматі для кодування хроматичних компонент використовуються адаптивні рівномірні коди, довжина яких, у переважній більшості випадків, менше одного байту. Довжина кодів визначається в залежності від розмірів палітри хроматичних компонент. Кодер та декодер цього формату реалізовані програмно. Кодування зображень адаптивними рівномірними кодами забезпечує високу якість візуального сприйняття.

Ключові слова: ЦИФРОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ, АДАПТИВНИЙ РІВНОМІРНИЙ КОД, ПАЛІТРОВИЙ ФОРМАТ, ВІДЕОПОСЛІДОВНІСТЬ, ОПОРНИЙ КАДР, КОДУВАННЯ

Загребнюк В.І. Палитровый формат цифровых цветных изображений с адаптивной длиной кода. В работе предложен новый палитровый формат для хранения цифровых изображений и опорных кадров видео последовательностей. В предложенном формате для кодирования хроматических компонент используются адаптивные равномерные коды, длина которых, в большинстве случаев, меньше чем один байт. Длина кодов определяется в зависимости от размеров палитры хроматических компонент. Кодер и декодер этого формата реализованы программно. Кодирование изображений адаптивными равномерными кодами обеспечивает высокое качество визуального восприятия.

Ключевые слова: ЦИФРОВОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ, АДАПТИВНЫЙ РАВНОМЕРНЫЙ КОД, ПАЛИТРОВЫЙ ФОРМАТ, ВИДЕО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ, ОПОРНЫЙ КАДР, КОДИРОВАНИЕ

Zahrebniuk V.I. Paletted format of the digital coloured image with adaptive code length. The new paletted digital image format has been proposed in the paper. It also can be used for the intra-coded video frames. The adaptive uniform encoding is used to encode the chrominance components in this format. Here the code length is specified according to chrominance components palette size. The encoder and the decoder are implemented as software. The adaptive uniform encoding provides the high perceptual quality of digital images.

Keywords: DIGITAL IMAGE, ADAPTIVE UNIFORM CODE, PALETTED FORMAT, VIDEO FRAME, INTRA-CODED FRAMES, ENCODING

Вступ. На сьогодні основну частку інформації, що передається та зберігається в інфокомунікаційних системах складають відеодані: статичні цифрові зображення та мультимедіа. Очікується, що з часом обсяги відеоінформації будуть невинно зростати. Тому ще й досі є актуальною задача розробки більш ефективних методів їх стиску. Сучасні методи стиску зображень орієнтовані на зменшення статистичної надмірності за рахунок кодування зображень та опорних кадрів відео послідовностей нерівномірними кодами. Подальше підвищення ефективності стиску можливе лише за рахунок удосконалення контекстних моделей, адаптованих для найбільш поширених видів статистичних контекстів зображень [1]. Удосконалення контекстних моделей з одного боку ускладнює кодек, а з іншого – не приводить до суттєвого збільшення ступеню стиску. Тому актуальними є дослідження щодо підвищення ступеню стиску, основані на зменшенні візуальної надмірності при збереженні якості візуального сприйняття.

У роботі [1] для зменшення візуальної надмірності зображення запропоновано використання удосконаленого методу Inpainting [2]. Зображення розбивається на блоки, які в залежності від відстані до контуру поділяються на структурні та текстурні. Серед структурних та текстурних блоків для кодування та стиску обираються лише ті, за допомогою яких можна відновити зображення, використовуючи метод Inpainting. Всі інші блоки пропускаються. Пропускаються також блоки, що не містять текстур та розташовані між контурами. Інформація про пропущені блоки передається у кодек для того, щоб зображення можна було відновити на стороні декодера. У роботі [3] коефіцієнти дискретного вейвлет перетворення (ДВП) кантуються в залежності від регіону. Для нетекстурних регіонів рівень квантування обирають так, щоб зберегти лише коефіцієнти низькочастотних складових, а для текстурних – так, щоб зберегти ще й високочастотні складові. У підсумку зменшується візуальна надмірність зображення та збільшується ступінь стиску. Підвищити ступінь стиску можна також з використанням декількох перетворень. У роботі [4] запропоновано квантовані коефіцієнти ДВП стискувати фрактальним методом, що дозволяє суттєво збільшити швидкість стиску зображень. Якщо розглядати зображення як деяке повідомлення, то зменшивши потужність алфавіту можна підвищити ступінь стиску. У роботі [5] запропоновано метод, згідно з яким 64 квантовані коефіцієнти дискретно-косинусного перетворення конкатенуються так, щоб отримати послідовність з 16 символів. Останні кодуються нерівномірними кодами Хафмана. За рахунок такого скорочення алфавіту ступінь стиску збільшується на 20%.

Отже підвищення ступеню та ефективності стиску у подальшому буде реалізовуватись на зменшенні візуальної надмірності або скороченні алфавіту. Тому метою даної роботи є розроблення нового формату для кодування цифрових зображень зі зменшенням візуальної надмірності та використанням кодів довжиною менше ніж один байт.

Палітровий формат для кодування зображень та опорних кадрів відео послідовностей. В основу палітрового формату кодування зображень покладено запропоноване в [6] стискуєче відображення $sVX2X3$, тільки зі змінним коефіцієнтом стискуєчого перетворення:

$$\begin{cases} B_a = \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 + \lambda_3 C_3; \\ X2 = (C_2 - B_a)/k_c; \\ X3 = (C_3 - B_a)/k_c. \end{cases} \quad (1)$$

Тут λ_i – впорядковані за спаданням власні значення ковариаційної матриці, розрахованої для компонент системи RGB (власні значення нормовані так щоб їх сума дорівнювала одиниці); C_i – компоненти кольору простору RGB, впорядковані у відповідності їх власним значенням; B_a – ахроматична компонента; $X2$ та $X3$ – хроматичні компоненти та коефіцієнт стискуючого перетворення $k_c \geq 2$.

Для перетворення (1) хроматичні компоненти прийматимуть значення з діапазонів $X2 \in [-256(\lambda_1 + \lambda_2)/k_c, 255(\lambda_1 + \lambda_2)/k_c]$, $X3 \in [-256(\lambda_1 + \lambda_3)/k_c, 255(\lambda_1 + \lambda_3)/k_c]$, які при $k_c \geq 2$ менші ніж діапазон $[-128, 127]$. Отже для кодування хроматичних компонент можна використовувати коди довжиною менше одного байту.

У ході виконання стискуючого перетворення за формулою (1) для кожної хроматичної компоненти зображення формується палітра її кольорів та підраховуються відносні частоти значень кольорів у палітрі. Потім палітра впорядковується за спаданням відносних частот та індексується. За рахунок цього кількість кольорів кожної хроматичної компоненти визначається не з її динамічного діапазону, а прямим підрахунком. Це забезпечує точне визначення довжини рівномірного коду як у випадку фотореалістичних зображень з різним колірним контентом, так і для синтетичних зображень.

Для кодування значення хроматичних компонент замінюються індексами палітри, а довжина рівномірного коду обчислюється за формулою $K_{xi} = \lceil \log_2 N_{xi} \rceil$. Тут N_{xi} – розмір палітри (кількість кольорів) i -ї хроматичної компоненти, $\lceil \cdot \rceil$ – найближче ціле зверху.

Для експериментального дослідження характеристик кодування хроматичних компонент з адаптивною довжиною коду було розроблено кодек та відповідний графічний формат з розширенням X2X3. Дані, необхідні для декодування, зберігаються у заголовку файлу. При декодуванні виконується перетворення з простору кольорів sBX2X3 у простір RGB з використанням наступних формул:

$$C_1 = B_a - k_c(\lambda_2 X2 + \lambda_3 X3)/\lambda_1 \quad (2), \quad C_2 = B_a + k_c X2 \quad (3), \quad C_3 = B_a + k_c X3 \quad (4).$$

Формат заголовку		Табл. 1
Зміщення, байт	Розмір, байт	Призначення
0	4	Сигнатура файлу (розширення)
4	4	Ширина зображення
8	4	Висота зображення
12	1	Тип формування та оброблення (1 – палітровий)
13	6	Власні значення ковариаційної матриці
19	1	Значення коефіцієнта стискуючого перетворення
20	1	Порядок сортування компонент RGB
21	1	N_{X2} - розмір палітри хроматичної компоненти X2
22	1	N_{X3} - розмір палітри хроматичної компоненти X3
23	N_{X2}	Палітра X2
23+ N_{X3}	N_{X3}	Палітра X2

У табл. 1 наведена структура заголовку файлу цього формату. Після заголовку файлу однобайтними кодами записуються значення B_a , потім індекси палітри X2 кодом довжиною $k_{X2} = \lceil \log_2 N_{X2} \rceil$, а потім індекси палітри компоненти X3 кодом довжиною $k_{X3} = \lceil \log_2 N_{X3} \rceil$.

Декодування зображення здійснюється наступним чином. З файлу зчитуються компоненти B_a , X2 та X3. Коди індексів палітр хроматичних компонент замінюються їх значеннями. Виконується зворотне перетворення з простору sBX2X3 у простір RGB за формулами (2)...(4). Отримане зображення відображається на моніторі.

У ході експериментальних досліджень було проаналізовано роботу кодека на ста

зображеннях з різним колірним контентом. При цьому аналізувались довжина адаптивного коду, величина зменшення обсягу файлу у форматі X2X3, зменшення візуальної та статистичної надмірності зображення, а також якість візуального сприйняття за показником PSNR – пікове відношення сигнал/шум. На рис. 1 наведені значення мод довжин рівномірних адаптивних кодів k_{X2} та k_{X3} компонент X2 та X3 при різних значеннях k_c .

Як бачимо, для переважної більшості зображень довжина рівномірного коду менше одного байта для всіх значень k_c , при чому $k_{X2} \geq k_{X3}$. Зменшення довжини рівномірних кодів хроматичних компонент є наслідком зменшення візуальної надмірності. Дійсно, при $k_c = 2$ у середньому кількість кольорів зображення у форматі X2X3 у 1,2 рази менша ніж у вхідному, при $k_c = 10$ – у 6,8 рази, а при $k_c = 24$ – у 19 раз. Таке суттєве зменшення візуальної надмірності повинне супроводжуватись зменшенням якості візуального сприйняття. Для оцінки якості візуального сприйняття для кожної компоненти простору RGB розраховувались значення пікового відношення сигнал/завади – PSNR за формулою:

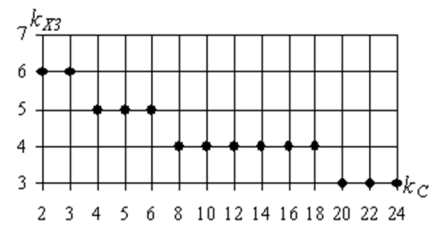
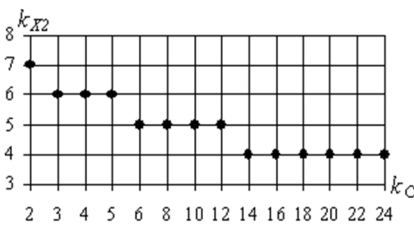


Рис. 1. Довжина рівномірних кодів в залежності від k_c

В середньому, по всім тестовим, навіть при $k_c = 24$, $PSNR_Y > 30$ дБ для всіх компонент RGB. І лише для окремих зображень: $PSNR_{G,min} < 30$ дБ для $k_c \geq 20$, $PSNR_{B,min} < 30$ дБ для $k_c \geq 22$, а $PSNR_{R,min} = 29,4$ дБ для $k_c = 24$. У цілому, кодування зображень рівномірними кодами при $2 \leq k_c \leq 24$ не супроводжується візуально відчутними спотвореннями.

$$PSNR_Y = 10 \cdot \lg \frac{255^2}{MSE_Y}, \quad Y \in \{R, G, B\}.$$

На рис. 2 наведені дані щодо середнього зменшення обсягів файлів у форматі X2X3. Як видно з рисунку, при збільшенні k_c обсяги файлів, у середньому зменшуються від 16% при $k_c = 3$, до приблизно 40% при $k_c = 24$, без використання алгоритмів ентропійного стиску, при цьому зберігається якість візуального сприйняття.



Рис. 2. Зменшення обсягу файлів формату

Відомо, що ентропія $H(S)$ джерела S задовольняє нерівностям $0 \leq H(S) \leq \log_2 L$, де L – потужність алфавіту. Звідси випливає, що при зменшенні потужності алфавіту буде зменшуватися $H(S)$. Отже використання рівномірних кодів буде мати наслідком зменшення статистичної надмірності.

На рис. 3 наведені середні по всім тестовим зображенням значення ентропії хроматичних компонент. Як видно з наведеного рисунку, зі збільшенням k_c ентропія хроматичних компонент зменшується, отже зменшується і статистична надмірність X2 та X3.

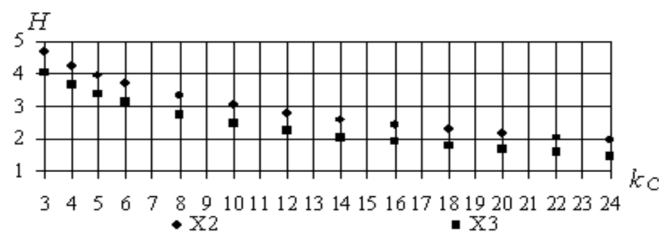


Рис. 3. Середня ентропія хроматичних компонент в залежності від k_c

Висновки. Кодування хроматичних компонент адаптивними рівномірними кодами у стискуючому просторі sVX2X3 має проадаптаційні властивості: ентропія хроматичних компонент простору sVX2X3 менша ніж ентропія компонент простору RGB і суттєво зменшується зі збільшенням коефіцієнту стискуючого перетворення.

Зменшується візуальна надмірність зображення, зменшення візуальної надмірності не приводить до втрати якості візуального сприйняття.

Запропонований кодек формату X2X3 з кодуванням хроматичних компонент простору сVX2X3 адаптивною довжиною коду, забезпечує у середньому зменшення обсягу файлів, в залежності від k_c , від 16% до 40%, без використання алгоритмів ентропійного стиску.

Література

1. Image Compression With Edge-Based Inpainting [Електронний ресурс] / Dong Liu, Xiaoyan Sun, Feng Wu, Shipeng Li, Ya-Qin Zhang // Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions. – 2007. – Т.17, №10. – С. 1273-1287. – Режим доступу: http://research.microsoft.com/en-us/people/fengwu/inpainting_csvt_07.pdf. (10.03. 2012)
2. Simultaneous Structure and Texture Image Inpainting [Електронний ресурс] / M. Bartalamio, L. Vese, G. Sapiro, S. Osher // Computer Vision and Pattern Recognition. –2003. – Т.2.–С.707-712 – Режим доступу: <ftp://ftp.math.ucla.edu/pub/camreport/cam02-47.pdf>. (11.04. 2012)
3. Karras D.A. Image Compression Using the Wavelet Transform on Textural Regions of Interest [Електронний ресурс] / D.A. Karras, S.A. Karkanis, B.G. Mertzios // 24th Euromicro Conference. Proceedings. – 1998. – Т.2. – С.633-639. – Режим доступу: <http://rtsimage.di.uoa.gr/publications/euro98.pdf>. (11.04. 2012)
4. An improved method of remote sensing Image compression based on fractal and wavelet domain [Електронний ресурс] / Yu Jie, Zhang Zhongshan, Qin Huiling, Guo Peihuang, Zhang Guoning // The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2008. – Т.XXXVII, №B2. – С. 487-490. – Режим доступу: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/2_pdf/3_WG-II-3/19.pdf. (9.05. 2012)
5. Kumar Bheshaj Performance evaluation of JPEG Image compression [Електронний ресурс] / Bheshaj Kumar, Kavita Thakur, G.R. Sinha // Computer Science & Information Technology. –2012. – С. 217-227. – Режим доступу: <http://airccj.org/CSCP/vol2/csit2120.pdf>. (2.08. 2012)
6. Загребнюк В.І. Стискуєче відображення для кодування цифрових зображень / В.І. Загребнюк // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. – № 1. – С.82-89.

УДК 621.396

Дикарев А.В., к.т.н. (*Государст. унив.-т информационно-коммуникационных технологий*)

ОСОБЕННОСТИ СЖАТИЯ НЕКОРРЕЛИРОВАННОЙ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дикарев О.В. Особенности стиску некорельованої дискретної інформації. Показано, що блокова некорельована інформація, яку неможливо стиснути традиційними методами, зокрема, дискретним косинусним перетворенням, може бути частково зменшена за обсягом іншими методами: розбивкою значень елементів вихідного блока на піддіапазони і передачею їх двійкових номерів.

Ключові слова: СТИСК ІНФОРМАЦІЇ, ДИСКРЕТНЕ КОСИНУСНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ

Дикарев А.В. Особенности сжатия некоррелированной дискретной информации. Показано, что блочная некоррелированная информация, несжимаемая традиционными методами, в частности, дискретным косинусным преобразованием, частично может быть уменьшена по объёму иными методами: разбиением значений исходного блока на поддиапазоны и передачей их двоичных номеров.

Ключевые слова: СЖАТИЕ ИНФОРМАЦИИ, ДИСКРЕТНОЕ КОСИНУСНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Dikarev O.V. Feature of compression of not correlated discrete information. It is shown, that the block not correlated information, incompressible by traditional methods, in particular, discrete cosin transformation, can be partially reduced on volume other methods: splitting of values of the initial block on his range and transfers of their binary numbers.

Keywords: INFORMATION COMPRESSION, DISCRETE COSIN TRANSFORMATION

При создании цифрового контента видеоданные делятся на блоки, представляющие собой матрицы размером 8x8, элементами которых являются целые числа в интервале от 0 до 255. Числовые значения элементов блоков, которые могут быть коррелированными и некоррелированными, подвергаются операциям сжатия и квантования [1, 2]. При этом не делается различия между коррелированными и некоррелированными видеоблоками, которые