

Тому, не дивлячись на те, що доказова обчислювальна складність доки залишається однією з найбільш важливих теоретичних і практичних проблем в криптології, все гостріше постає проблема побудови практичних криптосистем з інформаційно-теоретичною стійкістю. В рамках вирішення цієї проблеми в останнє десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток нових технологій побудови криптосистем з безумовною стійкістю.

Література

1. Исследование протоколов и механизмов защиты информации в компьютерных системах и сетях / А. А. Кузнецов, С. П. Евсеев, Б. П. Томашевский, Ю. И. Жмурко // Збірник наукових праць ХУ ПС.– 2007. – Вип. 2 (14). – С. 28-52.
2. Bennett C. and Brassard G. Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing // in Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing (Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 1984).
3. Ekert A. Quantum cryptography based on Bell's theorem // Phys. Rev. Lett. 67, 1991.
4. Bennett C. H., Bessette F., Brassard G., Salvail L., Smolin J. Experimental quantum cryptography // J. Cryptology 5. – 1992.
5. Wyner A. D. The Wire-Tap Channel // Bell System Techn. J. – 1975. – V. 54. – № 8.
6. Питерсон У. Коды исправляющие ошибки / Питерсон У., Уэлдон Э. – М.: Мир, 1976. – 354 с.

УДК 655.26+004.925.5

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

Координатна колірна система $BX2X3$

Загребнюк В.І. Координатна колірна система $BX2X3$. Запропоновано координатну колірну систему $BX2X3$, характеристики якої визначаються колірним контентом зображення. Розроблена система має декорелюючі властивості, що може бути використано у системах стиснення зображень. Враховуючи те, що $BX2X3$ є афінною, наведено метод обчислення колірних відмінностей, колірного тону та насиченості.

Ключові слова: ЦИФРОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ, КООРДИНАТНА КОЛІРНА СИСТЕМА, $BX2X3$, СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ДЕКОРЕЛЯЦІЯ, КОЛІРНИЙ ТОН

Загребнюк В.И. Координатная цветовая система $BX2X3$. Предложена координатная цветовая система $BX2X3$, характеристики которой определяются цветовым контентом изображения. Разработанная система обладает декоррелирующими свойствами, что может быть использовано в системах сжатия изображений. Учитывая, что $BX2X3$ – аффинная, приведен метод вычисления цветовых отличий, цветового тона и насыщенности.

Ключевые слова: ЦИФРОВОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ, КООРДИНАТНАЯ ЦВЕТОВАЯ СИСТЕМА, $BX2X3$, СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ДЕКОРЕЛЯЦИЯ, ЦВЕТОВОЙ ТОН

Zahrebniuk V.I. The $BX2X3$ color coordinate system. The $BX2X3$ color coordinate system have been proposed in this paper. Its characteristics are defined by the image color content. This system has decorrelating properties that may be useful for the image compressing systems. The method of color differences, hue and saturation evaluation have been carried out taking into account that the $BX2X3$ is affine system.

Keywords: DIGITAL IMAGE, COORDINATE COLOR SYSTEM, $BX2X3$, IMAGE COMPRESSING, DECORRELATION, HUE

Вступ. Огляд рішень. На сьогодні існує близько декількох десятків колірних координатних систем та колірних моделей. Колірні моделі призначені для моделювання візуального сприйняття та передбачення колірних відчуттів, а саме: світлоти, насиченості та

колірного тону, у різних умовах спостереження. На відміну від цього координатні колірні системи переважно призначені для оброблення, розпізнавання, кодування та стиснення зображень.

У системах оброблення та стиснення зображень використовуються специфічні координатні колірні системи (колірні простори), що реалізуються у виді лінійного перетворення простору RGB. Найбільша частка з них – це колірні простори, що використовуються у системах аналізу та розпізнавання зображень [1, 2], системах пошуку по зображеннях [3], видалення шумів на зображенні [4]; інші (наприклад, YCrCb, YUV) призначені для підвищення ефективності стиску [5].

Незважаючи на велику кількість досліджень в галузі оброблення, кодування та стиску цифрових зображень, актуальною залишається проблема розроблення колірної координатної системи, що цілком задовольняла б вимогам щодо ефективної реалізації прикладних задач в певній предметній області, яка ще й досі не вирішена [6]. Свідченням цього є, наприклад, надзвичайно широке розмаїття методів сегментації, що використовуються як у системах аналізу та розпізнавання зображень, а також у системах їх стиску. Серед проблем, що ускладнюють оброблення та стиснення зображень виділимо наступні.

По-перше, для обчислення колірних відмінностей практично в усіх координатних колірних системах використовується метрика Евкліда, що не завжди є коректним (наприклад, простір CIELab є нелінійним з додатною кривизною) [6], а інші координатні системи (наприклад, YCrCb та YUV) є афінними.

По-друге, компоненти колірних просторів є сильно корельованими, тому у них для стиску зображень використовуються ортогональні перетворення, що мають декорелюючі властивості.

По-третє – характеристики колірних координатних систем не залежать від колірного контенту зображення, наприклад у координатній колірній системі YCrCb домінуючим у формуванні цифрового зображення є зелений колір.

Колірна координатна система. Виходячи з цього метою даної роботи є розроблення колірної координатної системи, що має декорелюючі властивості та адаптивно налаштовується на колірний контент зображення, а також методу коректного обчислення колірних відмінностей у цій колірній координатній системі.

Світлочутлива матриця влаштована так, що у ній зелених світлочутливих елементів вдвічі більше, ніж червоних або синіх. Незважаючи на це, у формування колірного контенту цифрового зображення домінуючий внесок, крім зеленого, можуть давати червоний або синій кольори, що визначається взаємним розташування та фізичними властивостями об'єктів сцени, умовами освітлення, а також відбитими та розсіяними світловими потоками. Виходячи з цього будемо розглядати множину значень інтенсивності компонент R , G та B цифрового зображення, як випадкові величини. Для того щоб визначити внесок кожної з цих випадкових величин у формування цифрового зображення, розрахуємо ковариаційну матрицю Σ для компонент простору RGB, елементи якої мають вигляд:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{hw} \sum_{k=1}^h \sum_{m=1}^w (I_{km,i} - \bar{I}_i)(I_{km,j} - \bar{I}_j).$$

Тут h , w – розміри зображення; I_i – інтенсивність i -ої компоненти кольору простору RGB ($i, j = R, G, B$): \bar{I}_i – середнє значення інтенсивності.

Матриця Σ – симетрична, тому її власні значення обчислимо за допомогою методу обертань Якобі. Отримані власні значення λ_i $\left(\sum_i \lambda_i = 1 \right)$ – декорельовані

середньоквадратичні відхилення компонент R , G та B . Найбільший внесок у формування колірному контенту цифрового зображення має та компонента, у якої найбільше власне значення. Впорядкуємо власні значення у порядку спадання $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$, а компоненти простору RGB у відповідності з їх власним значеннями та позначимо їх C_1, C_2, C_3 . З урахуванням цього пряме перетворення з простору RGB у VX2X3 буде мати вигляд:

$$\begin{pmatrix} B_a \\ X2 \\ X3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ -\lambda_1 & 1-\lambda_2 & -\lambda_3 \\ -\lambda_1 & -\lambda_2 & 1-\lambda_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Оскільки ранг матриці цього лінійного перетворення дорівнює рангу розширеної матриці, то воно є повним і неперервним, тобто взаємно-однозначним.

При перетворенні у простір VX2X3 ахроматичних кольорів простору RGB компоненти X2 та X3 приймають нульові значення. Ахроматична компонента B_a є зваженою сумою компонент C_i , як і компонента Y простору YCrCb, та має сенс суб'єктивної яскравості. Відмінність між Y та B_a полягає в тому, що внесок кожної, впорядкованої у відповідності з власними значеннями компоненти C_i у формування B_a визначається колірним контентом зображення, а саме λ_i .

На підставі аналізу 100 тестових зображень було встановлено, що при формуванні колірному контенту превалюючими є (відповідають максимальному власному значенню λ_1): компонента R – у 73% зображень; компонента G – у 22% зображень, компонента B – у 5%. Власному значенню λ_2 для 77% зображень відповідає синій колір, для 17% зображень – зелений та 6% – червоний. Найменшому власному значенню для 62% зображень відповідає зелений колір, червоний – для 20% та синій – для 18%. Отже, у підсумку найбільший внесок у формування колірному контенту цифрового зображення дає червоний, потім синій і зелений кольори.

Базисні вектори простору VX2X3 \vec{e}_{B_a} , \vec{e}_{X2} , \vec{e}_{X3} не нормовані та не ортогональні. Позначимо кути між координатними осями $\alpha = \angle B_a X2$, $\beta = \angle B_a X3$ та $\gamma = \angle X2 X3$. Вони можуть змінюватись в залежності від колірному контенту, та на множині тестових зображень приймають значення з інтервалів: $\alpha \in (93^\circ, 132^\circ)$, $\beta \in (110^\circ, 133^\circ)$ та $\gamma \in (63^\circ, 99^\circ)$.

Для підвищення ефективності стиску зображень, використовують ортогональні перетворення, які мають декорелюючі властивості. Завдяки цьому, коефіцієнти ортогонального перетворення для кожної компоненти кольору можна розглядати у якості незалежних повідомлень та стискувати окремо одна від одної. У середньому по всім тестовим зображенням: $cor(R, G) = 0,91$, $cor(R, B) = 0,81$ та $cor(G, B) = 0,91$. Стосовно компонент простору VX2X3, то у середньому коефіцієнти кореляції мають наступні значення: $cor(B_a, X2) = -0,377$, $cor(B_a, X3) = -0,35$ та $cor(X2, X3) = 0,345$. Отже, можна вважати, що компоненти простору VX2X3 практично не корелюють, а запропоноване лінійне перетворення (1) має декорелюючі властивості, що дозволяє стискувати компоненти простору VX2X3 незалежно одна від одної.

У системах аналізу зображень необхідно обчислювати колірні відмінності між кольорами різних пікселів зображення. Для того щоб встановити формулу щодо визначення колірних відмінностей, необхідно коректно обчислити норму вектора $\vec{d} = \vec{B} + \vec{X}2 + \vec{X}3$, який по суті визначає точку у просторі VX2X3, з урахуванням того, що VX2X3 є афінним. У цьому випадку скористаємося рівністю Парсеваля

$$\|d\| = \sqrt{\vec{d} \cdot \vec{d}} = \sqrt{B_a^2 + X2^2 + X3^2 + 2 \cdot \vec{B}_a \cdot \vec{X}2 + 2 \cdot \vec{B}_a \cdot \vec{X}3 + 2 \cdot \vec{X}2 \cdot \vec{X}3}.$$

Тоді відмінність між двома кольорами Z_i та Z_j буде обчислюватись за формулою

$$d_{ij} = \sqrt{(B_{a,i} - B_{a,j})^2 + (X2_i - X2_j)^2 + (X3_i - X3_j)^2 + 2 \cdot D}, \quad (2)$$

де

$$D = |B_{a,i} - B_{a,j}| \cdot |X2_i - X2_j| \cos \alpha + |B_{a,i} - B_{a,j}| \cdot |X3_i - X3_j| \cos \varphi + |X2_i - X2_j| \cdot |X3_i - X3_j| \cos \gamma.$$

В аналізі колірної картини зображень дуже часто використовуються ще такі характеристики, як насиченість та колірний тон. Виходячи з особливостей колірної координатної системи $BX2X3$, насиченість будемо обчислювати, як модуль вектора $\vec{S} = \vec{X}2 + \vec{X}3$, тоді

$$S = \sqrt{X2^2 + X3^2 + 2 \cdot |X2| \cdot |X3| \cdot \cos \gamma}. \quad (3)$$

Колірний тон – це атрибут зорового сприйняття, завдяки якому область перегляду сприймається подібною одному з однозначних кольорів, а саме: червоному, зеленому, жовтому та синьому або комбінації двох з них. Отже колірний тон буде обчислюватись як кут між векторами \vec{S} та $\vec{X}2$ за формулою.

$$h = \arccos\left(\frac{(\vec{S} \cdot \vec{X}2)}{(|S| \cdot |X2|)}\right). \quad (4)$$

Висновки. Використання наведених вище формул (2)...(4) у системах аналізу зображень може підвищити їх ефективність, оскільки колірні відмінності, насиченість та колірний тон адаптивно налаштовуються на колірний контент конкретного зображення.

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

- запропонована координатна колірна система адаптивно налаштовується на колірний контент зображення завдяки тому, що враховується внесок компонент RGB у формування цифрового зображення;
- з урахуванням афінності простору $BX2X3$, запропоновані формули для коректного визначення колірних відмінностей, насиченості та колірного тону;
- координатна колірна система $BX2X3$ має декорелюючі властивості, що дозволяє стискувати її компоненти незалежно одна від одної.

Подальші дослідження будуть спрямовані на більш глибокий аналіз властивостей запропонованої колірної координатної системи, з метою її використання у системах кодування та стиску зображень.

Література

1. Chong H.Y. A Perception-based Color Space for Illumination-invariant Image Processing [Електронний ресурс] / H.Y. Chong, S.J. Gortler, T. Zickler // ACM Trans. Graph.– 2008.– Т.27, №3. – Режим доступу: <http://www.cs.harvard.edu/~sjg/papers/cspace.pdf> . – Дата доступу: 10.03.2012
2. Color Space Selection for Color Image Segmentation by Spectral Clustering [Електронний ресурс] / L. Busin, J. Shi, N. Vandenbroucke, L. Macaire // Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), 2009 IEEE International Conference. – 2009. – С. 262 – 267.– Режим доступу: <http://lagis-vi.univ-lille1.fr/~lb/publication/ICSIPA09.pdf>. – Дата доступу: 11.03.2012
3. Chen Ying. Optimal Transform in Perceptually Uniform Color Space and its Application in Image Retrieval [Електронний ресурс] / Ying Chen, Pengwei Hao // 7th International Conference Signal Processing, 2004. Proceedings. ICSP '04. – 2004. – Т.2. – С.1107-1110. – Режим доступу: <http://www.cis.pku.edu.cn/faculty/vision/haopengwei/Papers/ICSP04-LAR.pdf>. – Дата доступу: 2.02.2012

4. Lian Nai-Xiang. Image denoising using optimal color space projection [Електронний ресурс] / Nai-Xiang Lian, V. Zagorodnov, Yap-Peng Tan // Image Processing, IEEE Transactions.– 2006.– №9, Т.15.– С. 2575-2587. – Режим доступу:

http://web.mysites.ntu.edu.sg/zvitali/publications/documents/colordenoise_IC.pdf. – Дата доступу: 11.02.2012

5. Neelamani R. Compression color space estimation of JPEG Images using lattice basis reduction [Електронний ресурс] / R. Neelamani, R.G. Baraniuk, R. de Queiroz // IEEE International Conference on Image Processing.– 2001.– С.890-893.– Режим доступу: <http://image.unb.br/queiroz/papers/icip01lattice.pdf>. – Дата доступу: 12.02.2012

6. Tastl I. Transforming an analytically defined color space to match psychophysically gained color distances [Електронний ресурс] / I. Tastl, G. Raidl // Proc. of the SPIE's 10th Int. Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology. – 1998. – Режим доступу: <https://www.ads.tuwien.ac.at/publications/bib/pdf/tastl-98.pdf>. – Дата доступу: 5.02.2012

УДК 629.735.051:004.7 (043.3)

Толстикова Е.В., к.т.н. (Національний авіаційний університет)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В СЕТЯХ РАДИОДАТЧИКОВ ПУТЕМ НАПРАВЛЕННОЙ ДИФФУЗИИ

Толстикова О.В. Практичне застосування методів обміну даними в мережах радіодатчиків шляхом направленої дифузії. Розглянуто задачу управління мережею радіодатчиків. Проаналізовані можливості поєднання детермінованого і стохастичного методів. Запропоновані статистичні моделі процесів керованої просторової дифузії потоків даних. Розроблений загальний метод аналізу мережного ресурсу та швидкості доставки з обмеженням на енергоспоживання.

Ключові слова: БЕЗПРОВОДОВА СЕНСОРНА МЕРЕЖА, НАПРАВЛЕНА ДИФУЗИЯ, РІВНЯННЯ КОЛМОГОРОВА, КЕРОВАНІЙ МАРКОВСЬКИЙ ПРОЦЕС

Толстикова Е.В. Практическое применение методов обмена данными в сетях радиодатчиков путем направленной диффузии. Рассмотрена задача управления сетью радиодатчиков. Проанализированы возможности сочетания детерминированного и стохастического методов. Предложены статистические модели процессов управляемой пространственной диффузии потоков данных. Разработан общий метод анализа сетевого ресурса и скорости доставки с ограничением на энергопотребление.

Ключевые слова: БЕСПРОВОДНАЯ СЕНСОРНАЯ СЕТЬ, НАПРАВЛЕННАЯ ДИФФУЗИЯ, УРАВНЕНИЕ КОЛМОГОРОВА, УПРАВЛЯЕМЫЙ МАРКОВСКИЙ ПРОЦЕСС

Tolstikova O.V. Practical application of methods of data exchange in the wireless sensor networks of by the directed diffusion. The problem of management the network of radio sensors is learned. The abilities of combination of the determined and stochastic methods are analysed. The statistical models of processes of the guided spatial diffusion of flows of the data are offered. The general method of analysis of the network resource and speed of delivery is developed with a limit on energy consumption.

Keywords: WIRELESS SENSOR NETWORK, DIRECTED DIFFUSION, THE KOLMOGOROV EQUATION, GUIDED MARKOV PROCESS

Введение. Метод передачи данных в беспроводных сетях радиодатчиков (беспроводных сенсорных сетях – БСС), основанный на интересах потребителя, градиентах направлений и предпочтении путей, определяется как *направленная диффузия* (рис. 1).

Методы направленной диффузии в беспроводных сенсорных сетях активно разрабатываются и исследуются [1, 2, 3 и др.]. Обычно *данные* в БСС – это собранная (сырая) или обработанная информация о некоем физическом явлении. Предпочтения дают информацию о желаниях получателя.