

УДК 621.327:681.5

С.І. Кривенко¹, М.Ф. Сидоренко², Б.В. Остроумов²¹Державна інспекція зв'язку, Київ²НТ СКБ „Полісвіт” філія ДНВП „Об'єднання Комунар”, Харків

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ АПЕРТУРНО-КООРДИНАТНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ

Розглядається підхід щодо оцінки ступеня інформативності зображень на основі побудови апертурно-координатного представлення. Будуються моделі оцінки інформативності в масивах апертур і масивах координат апертур на шкалі кольоровості. Масиви апертур представляються у вигляді різницевих поліадичних чисел. Різницевий підхід базується на збільшенні довжин апертур для систем стиснення з контрольованою погрішністю. Для оцінки інформативності в масивах координат апертур використовується структурний підхід. В цьому випадку надмірність в масивах координат апертур, обумовлюється накладенням обмежень на динамічний діапазон і на алфавіт значень, що набувають, елементами масивів координат апертур. Проводиться оцінка мінімального значення ступеня компактного представлення зображень в результаті зниження структурно-комбінаторної і психовізуальної надмірності.

Ключові слова: апертурно-координатне представлення, стиснення зображень.

Вступ

Відповідно до національної програми інформатизації одним з головних завдань є забезпечення користувачів необхідною інформацією з необхідним рівнем достовірності. Це супроводжується збільшенням об'ємів відеоданих. Як наслідок підвищується навантаження на інформаційно-телекомунікаційні системи [1 – 3]. Тому актуальним напрямком досліджень є побудова систем стиснення відеоданих. В даний час розроблено цілий комплекс методів компактного представлення [4 – 7]. При цьому представляє інтерес група методів стиснення з контрольованою погрішністю. В цьому випадку можливо забезпечити компроміс між ступенем компресії і якістю відновлених зображень. До одних з таких методів відноситься метод на базі формування апертурно-координатного опису зображень. Основним недоліком методів такого класу є зниження ступеня стиску при обробці сильнонасичених зображень. Тому **актуальне наукове завдання** полягає в підвищенні ступеня стиснення зображень з контрольованою втратою якості.

Існуючі підходи щодо обробки і оцінки інформативності масивів апертур та їх кольорних координат не враховують особливості побудови апертурно-координатного опису (АКО) зображень. Дані особливості полягають в наявності структурних залежностей між елементами масиву апертур і масиву їх координат [5; 7]. Звідси **ціль статті** полягає в розробці моделі оцінки інформативності апертурно-координатного представлення зображень.

Розробка моделі оцінки інформативності масивів координат апертур на шкалі кольоровості

Заповнення рядків масивів A_ℓ проводиться на основі відрядкового відбору компонент апертурно-координатного опису, то дві сусідні апертури в ряд-

ку і апертури, розташовані на останній позиції в рядку і на першій позиції в наступному рядку також матимуть різні значення їх координат. Тому виконуються наступні умови:

$$\ell_{ij} \neq \ell_{i,j+1}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (1)$$

$$\ell_{i,n} \neq \ell_{i+1,1}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де ℓ_{ij} , $\ell_{i,j+1}$ – відповідно $(i;j)$ -й $(i;j+1)$ -й елементи масиву координат A_ℓ .

Звідси витікає, що діапазон значень величин ℓ_{ij} змінюватиметься в межах $[0; L-2]$ окрім елемента ℓ_{11} на позиції $(1;1)$ у масиві A_ℓ , можливі значення якого змінюватимуться в діапазоні $[0; L-1]$ (L – кількість рівнів кольоровості $L=256$). Тому кількість S_ℓ допустимих чисел A_ℓ знаходиться по формулі

$$S_\ell = L(L-1)^{n-1+n(m-1)} = L(L-1)^{nm-1}. \quad (3)$$

З аналізу виразу (3), витікає, що кількість S_ℓ допустимих чисел знаходиться в прямо пропорційній залежності від кількості рівнів кольоровості L . Це приводить до зниження потенційних можливостей, щодо скорочення кількості надмірності масивів A_ℓ . Тому пропонується на основі масиву A_ℓ перейти до обробки масивів координатних перепадів (МКП). Масиви координатних перепадів формуються в результаті пониження рівня кольорних координат на величину ℓ_{\min} що є мінімальним значенням в масиві A_ℓ :

$$\ell'_{ij} = \ell_{ij} - \ell_{\min}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де ℓ'_{ij} – $(i;j)$ -й елемент масиву координатних перепадів A'_ℓ . В цьому випадку елементи ℓ'_{ij} масиву МКП задовольнятимуть наступній системі умов $\Lambda' = \{\lambda'_{ij}\}$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$:

$$\ell'_{11} \leq \lambda'_{11} - 1 = d - 1; \quad (5)$$

$$\ell'_{ij} \leq \lambda'_{ij} - 1 = d - 2, \quad j = \overline{1, n} \quad (6)$$

де d - значення діапазону значень елементів масив координатних перепадів

$$d = L - \ell_{\min}. \quad (7)$$

З врахуванням виразів (5) – (7) кількість S'_ℓ допустимих масивів A'_ℓ , елементи якого відповідають нерівностям (5) та (6) дорівнює

$$S'_\ell = d(d-1)^{nm-1}. \quad (8)$$

Максимальна кількість V'_ℓ розрядів, що витрачається на представлення масиву, обчислюється на основі формули

$$V'_\ell = \ell \log_2 d + n(m-1) \log_2(d-1). \quad (9)$$

Таким чином, вираз (9) дозволяє оцінити максимальну кількість двійкових розрядів, що потрібно затратити на кодове представлення масиву координат апертур, з врахуванням структурних особливостей апертурно-координатного опису зображень.

Побудова моделі оцінки інформативності масивів апертур АКО зображень

Відповідно до процесу виявлення апертур не значущо різними елементами зображення є такі елементи $x_{\xi, \gamma}$, які задовольняють умові

$$\ell_{\xi, \nu_\xi}^{(\min)} \leq x_{\xi, \gamma} \leq \ell_{\xi, \nu_\xi}^{(\max)}. \quad (10)$$

В цьому випадку враховується однаковимірність когерентності зображень (незначна зміна значень елементів зображень в локальних фрагментах). Тому відмітна особливість формування апертур полягає в тому, що апертюра в середньому міститиме як мінімум 3 – 5 елементів зображення (особливо ця характеристика виявляється при обробці зображень, представлених в кольоро-різницевого вигляді). Тому пропонується розглядати масиви A_r апертур як числа в різницевого поліадичному просторі.

Для різницевого поліадичного підходу особливість полягає в тому, що масиви апертур представляються не як абсолютні поліадичні числа, а як різницеві поліадичні числа. Як елементи різницевого поліадичного числа виступають довжини відстаней від нього до двовимірного поліадичного числа, що має мінімальні значення елементів (нижній рівень поліадичних чисел). В цьому випадку конкретний масив апертур складатиметься з елементів, які є довжинами відстані від даного масиву до початкового числа з мінімальними значеннями елементів (нижнім рівнем відліку поліадичних чисел в різницевого просторі).

Опис різницевого поліадичного простору ґрунтується на векторі Y , $Y = \{y_1, \dots, y_i, \dots, y_m\}$ обмежень на динамічний діапазон значень довжин відстаней. Компоненти вектора Y обмежень на елементи в різницевого поліадичному просторі

визначаються по формулі

$$y_i = (r_i^{(\max)} - \mu_i) + 1, \quad (10)$$

де y_i – i -й елемент вектора обмежень Y , рівний різниці між максимальним $r_i^{(\max)}$ і мінімальним μ_i значеннями в i -му рядку масиву апертур;

$$\mu_i = \min_{1 \leq j \leq n} \{r_{ij}\}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (11)$$

r_{ij} – $(i; j)$ -й елемент масиву апертур A_r .

Відповідно до особливостей формування чисел в різницевого поліадичному просторі масив апертур A_r переводиться в масив A'_r його різницевого вигляду $A'_r = \{r'_{ij}\}$, де r'_{ij} – $(i; j)$ -й елемент відповідно масиву A'_r відносних довжин апертур. Величина відносної довжини аперттури r'_{ij} дорівнює

$$r'_{ij} = r_{ij} - \mu_i, \quad (12)$$

де r_{ij} – $(i; j)$ -й елемент відповідно масиву апертур в абсолютному просторі.

Згідно виразу (10) для елементів r_{ij} і r'_{ij} виконуються наступні нерівності:

$$\mu_i \leq r_{ij} \leq r_i^{(\max)}; \quad (13)$$

$$0 \leq r'_{ij} \leq y_i. \quad (14)$$

Кількість S'_r комбінацій, складених з масиву A'_r , елементи якого задовольняють обмеженню (14), дорівнює

$$S'_r = \left(\prod_{i=1}^m y_i \right) = \left(\prod_{i=1}^m ((r_i^{(\max)} - \mu_i) + 1) \right)^n. \quad (15)$$

Вираз (15) дозволяє визначити кількість чисел в різницевого поліадичному просторі, заданому системою обмежень Y . Кількість V'_r двійкових розрядів, що відводиться на представлення масиву A'_r , обчислюється за формулою

$$V'_r = \ell \log_2 S'_r = n \log_2 \prod_{i=1}^m ((r_i^{(\max)} - \mu_i) + 1). \quad (16)$$

Середнє \overline{V}_r кількість розрядів, що доводиться на один елемент масиву A'_r оцінюється як

$$\overline{V}_r = (n \log_2 \prod_{i=1}^m ((r_i^{(\max)} - \mu_i) + 1)) / m n. \quad (17)$$

На основі виразів (9) і (17) сумарна кількість V розрядів на представлення апертурно-координатної форми зображень з врахуванням обмежень (5) та (6), що накладаються на елементи масиву кольорних перепадів і обмеження (14), що накладається на елементи відносних довжин апертур, знаходиться по формулі

$$V = V'_\ell + V'_r = \ell \log_2 d + n(m-1) \log_2(d-1) + n \log_2 \prod_{i=1}^m ((r_i^{(\max)} - \mu_i) + 1). \quad (18)$$

Звідси значення мінімального коефіцієнта стиснення k_{\min} рівно

$$k_{\min} = L \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij} / (V'_\ell + V'_r), \quad (19)$$

де $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij}$ – сумарна кількість елементів зображення,

для яких був сформований масив апертур; L – кількість розрядів, що витрачається на представлення елемента зображення.

З аналізу виразу (19) виходить, що за рахунок представлення масивів кольорних координат як двовимірних позиційних чисел з нерівними сусідніми

елементами, знижується питомий внесок в сумарний об'єм стислого представлення кодограми координат апертур. Це призводить до збільшення мінімального значення ступеня стиснення зображення. Оцінка величини k_{\min} залежно від розмірів масивів апертур і масивів їх координат, а також залежно від класу зображень приведена на рис. 1.

Розрахунки проводилися на основі обробки реалістичних зображень з різним ступенем насиченості дрібними деталями для пікового значення відношення сигнал/шум на рівні 40дБ. Ступень насиченості деталями оцінювався в залежності від коефіцієнту кореляції між елементами у фрагментах зображень та від кількості кольорових перепадів.

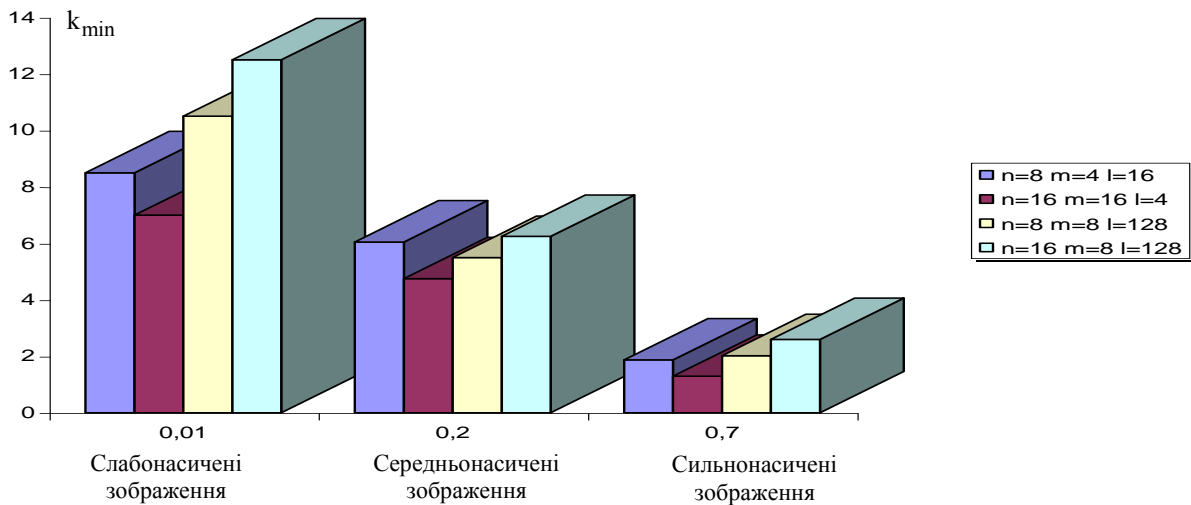


Рис. 1. Графіки залежності величини k_{\min} залежно від класу зображень для різних розмірів масивів оброблюваних масивів

Аналіз графіків на рис. 1 показує, що мінімальне значення ступеня стиску може досягати 10 разів (для слабонасичених реалістичних зображень). При цьому найбільші значення ступеня стиску досягаються з ростом розмірності масивів апертур та їх координат. Це створює потенційні можливості для побудови методів компактного представлення зображень на основі запропонованого підходу.

Висновки

1. Кількість надмірності, що усувається, в масивах координат обумовлена заборонаю можливих комбінацій складених з елементів масивів координатних перепадів. Звідси природа надмірності, що скрочується, має структурно-комбінаторну природу, обумовлену накладенням наступних обмежень:

– значення елементів ℓ'_{ij} масивів МКП обмежені величиною d (**обмеження на динамічний діапазон**) $\ell'_{ij} \leq d$;

– значення елементів ℓ'_{ij} змінюються в межах (обмеження на потужність значень, що набувають) $\ell'_{i1} \in [0; d-1]$; $\ell'_{ij} \in [0; d-2]$, $j = \overline{1, n}$.

2. За рахунок розгляду масиву апертур в різницевому поліадичному просторі забезпечується ско-

рочення надмірності. Причому кількість надмірності усувається в результаті скорочення об'єму допустимих комбінацій, яке можна скласти з елементів масиву апертур. Отже, надмірність обумовлена накладенням обмежень на мінімальних і максимальних значень довжин апертур, тобто .

3. Для пікового відношення сигнал/шум на рівні 40дБ мінімальне значення ступеня стиску може досягати 10 разів (для слабонасичених реалістичних зображень). Це створює потенційні можливості для побудови методів компактного представлення зображень на основі запропонованого підходу.

Список літератури

1. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Под ред. И.Б. Фоменко. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
4. Королев А.В., Баранник В.В. Оценка степени сжатия изображения // Электрон. моделирование. – 2002. – № 4. – С. 33-42.
5. Баранник В.В., Гуржий П.Н. Кодирование массивов цветowych координат в разностном полиадическом

пространстве // Радиотехника и компьютерные системы. – 2005. – № 1(9). – С. 44-49.

6. Баранник В.В., Гуржий П.Н. Метод сжатия цветных координат и длин серий в смешанном полиадическом пространстве // Моделирование та інформаційні технології. – К.: ИПМЕ, НАНУ, 2005. – Вып. 33. – С. 220-223.

7. Стасев Ю.В., Баранник В.В., Бридня Е.А. Информационная модель апертурного представления //

Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 33. – С. 47-56.

Надійшла до редколегії 14.05.2008

Рецензент: д-р. техн. наук В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АПЕРТУРНО-КООРДИНАТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

С.І. Кривенко, М.Ф. Сидоренко, Б.В. Остроумов

Рассматривается подход относительно оценки степени информативности изображений на основе построения апертурно-координатного представления. Строятся модели оценки информативности в массивах апертур и массивах координат апертур на шкале цветности. Массивы апертур представляются в виде разностных полиадических чисел. Разностный подход базируется на увеличении длин апертур для систем сжатия с контролируемой погрешностью. Для оценки информативности в массивах координат апертур используется структурный подход. В этом случае избыточность в массивах координат апертур, обуславливается наложением ограничений на динамический диапазон и на алфавит значений, которые приобретают, элементами массивов координат апертур. Проводится оценка минимального значения степени компактного представления изображений в результате снижения структурно комбинаторной и психовизуальной избыточности.

Ключевые слова: апертурно-координатное представление, сжатие изображений.

INFORMATIVE MODEL OF SERIES-COORDINATE PRESENTATION OF IMAGE

S.I. Krivenko, N.F. Sidorenko, B.V. Ostroumov

Approach in relation to the estimation of degree of informing of images is examined on the basis of construction of series-coordinate presentation. The models of estimation of informing are built in the arrays of apertures and arrays of co-ordinates of apertures on the scale of colored. The arrays of apertures appear as different poliadical numbers. Different approach is based on the increase of lengths of apertures for the systems of compression with the controlled error. For the estimation of informing structural approach is utilized in the arrays of coordinates of apertures. In this case surplus in the arrays of coordinates of apertures, stipulated imposition of limits on a dynamic range and on the alphabet of taken on values by the elements of arrays of co-ordinates of apertures. The estimation of minimum value of degree of compact presentation of images is conducted as a result of decline of structure-combinatory and visual surplus.

Keywords: aperture-coordinate presentation, compression of images.