

УДК 621.39

МЕТОД КОДУВАННЯ ДІАГОНАЛЬНИХ НЕРІВНОМІРНО ПОЗИЦІЙНИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ КОМПРЕСІЇ БАЗОВИХ КАДРІВ ВІДЕОПОТОКУ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

В. В. Бараннік, д-р техн. наук., проф.; **О. Ю. Отман Шаді**

Харківський університет Повітряних Сил

barannik_v_v@mail.ru

Показано, що актуальним напрямом досліджень є зниження інтенсивності кодового представлення базових кадрів відеопотоку. Створено модель оцінки інформативності трансформанти з урахуванням того, що трансформанта дискретного косинусного перетворення розглядається за нерівномірної діагональної структури і являє собою комбінаторний об'єкт. Обґрунтовано, що в умовах наявності тенденції в зміні властивостей трансформанти в діагональному напрямку для нерівномірно-діагонального методу виявлення динамічних діапазонів забезпечується потенціал щодо додаткового усунення структурної надлишковості в зображеннях. Викладено розробку методу зниження інтенсивності кодового представлення базових кадрів на основі діагонально-нерівномірного позиційного кодування трансформант. Розглянуто побудову узагальненої технології кодового представлення діагоналей без урахування апріорної інформації про її довжину та порядковий номер у трансформанті. Розроблено технологію кодоутворення кодограм на основі діагонально-нерівномірного принципу виділення кількості розрядів на основі інформації про довжину числа і його основу.

Ключові слова: інтенсивність відеопотоку, кодування відеоданих, діагональні нерівномірні позиційні числа.

It is shown that the actual direction of researches is lowering of intensity of code representation of basic frames of a video stream. The model of an assessment of informativeness of a transform is created taking into account that the transform of the discrete cosine representation, is considered on non-uniform diagonal structure, and represents combinatorial object. It is justified that in the conditions of existence of a tendency in change of properties of a transform in the diagonal direction for a non-uniform and diagonal method of detection of dynamic ranges the potential of rather additional elimination of structural redundance in images is provided. Development of a method of lowering of intensity of code representation of basic frames on the basis of diagonal and non-uniform positional coding of transforms is explained. Creation of the generalized technology of code representation of diagonals without prior information on its length and sequence number in a transform is considered. The technology of a kodobrazovaniye to codegrams on the basis of the diagonal and non-uniform principle of separation of quantity of discharges on the basis of information on length of number and its base is developed.

Keywords: the intensity of the video stream , video encoding , diagonal uneven positional number.

Вступ

Одним з найважливіших напрямів розвитку інфокомунікаційних систем є побудова нових поколінь бездротових технологій [1]. Нині розвиваються технології зв'язку четвертого покоління. При цьому за даними щорічних досліджень, проведених компанією Cisco, характерною ознакою існуючих мереж і мереж наступного покоління є зростання їх використання для доставки відеоінформаційного трафіка. Така тенденція неминуче призводить до зростання навантаження на інфокомунікаційні системи. Тому зниження інтенсивності стисненого потоку відеокадрів у інфокомунікаційних системах (ІКС) для підвищення якості відеоінформаційного сервісу є *актуальною науково-прикладною галуззю досліджень*.

Стандартними для обробки відеопотоків є MPEG-технології, які базуються на кадровій класифікації з подальшою їх обробкою JPEG сумісними платформами [2; 3]. При цьому встановлюється неравномірний вплив кадрів різних типів

на якість реконструкції всіх кадрів у GOP. Ієрархія значущості типів кадрів виглядає таким чином: $I \rightarrow P \rightarrow B$. Така ієрархія виявляється в процесі обробці в тому, що знижуються вимоги щодо якості реконструкції кадрів залежно від їх значущості [4–6].

Після оцінювання інтенсивності відеопотоку було отримано такі результати:

1) інтенсивність відеопотоку, який потрібно доставляти за одну секунду, перевищує реальну пропускну здатність бездротових технологій;

2) внесок інтенсивності кодового представлення базового кадру в сумарну інтенсивність відеопотоку залежно від якості візуальної реконструкції кадрів змінюється від 50 до 75 %, що вказує на значний вплив інтенсивності базового кадру на сумарну інтенсивність відеопотоку.

Звідси як напрямок удосконалення технологій компресії відеопотоку для зниження його інтенсивності пропонується модернізувати методи обробки базових кадрів. Таким чином, *мета досліджень* статті полягає у розробці методу коду-

вання базових кадрів відеопотоку для зниження інтенсивності їх кодового представлення.

Розробка методу зниження інтенсивності кодового представлення базових кадрів

Як основний напрямок побудови нових технологій кодування базових кадрів пропонується використовувати нерівноважне позиційне представлення трансформант з урахуванням діагональних їх структурних властивостей.

У цьому випадку кількість $\bar{Q}'_{n \times n}^{(2)}$ інформації у трансформанті для нерівномірно-діагонального методу виявлення динамічних діапазонів буде меншою, ніж $\bar{Q}_{n \times n}^{(2)}$ — для рядково-стовпцевого методу, тобто

$$\begin{aligned} \bar{Q}'_{n \times n}^{(2)} &= \left(\sum_{\xi=1}^{v_n} n_{\xi} \log_2 d'_{\xi} \right) / n \cdot n < \bar{Q}_{n \times n}^{(2)} = \\ &= \left(\sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n \log_2 d'_{k,\ell} \right) / n \cdot n, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\bar{Q}'_{n \times n}^{(2)}$ — кількість інформації, що припадає в середньому на одну компоненту трансформанти у разі її комбінаторного трактування.

Виконання нерівності (1) зумовлено двома причинами.

$$d'_{\xi} = \begin{cases} \max_{0 \leq \tau \leq n_{\xi}-1} \{y_{1+\tau, \xi-\tau}\} + 1 = y_{\xi,1} + 1, & \rightarrow \xi \bmod(2) = 1 \ \& \ \xi \leq n; \\ \max_{0 \leq \tau \leq n_{\xi}-1} \{y_{1+\tau, \xi-\tau}\} + 1 = y_{1,\xi} + 1, & \rightarrow \xi \bmod(2) = 0 \ \& \ \xi \leq n; \\ \max_{0 \leq \tau \leq n_{\xi}-1} \{y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}\} + 1 = y_{n, \xi-n+1} + 1, & \rightarrow \xi \bmod(2) = 1 \ \& \ \xi \geq n+1; \\ \max_{0 \leq \tau \leq n_{\xi}-1} \{y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}\} + 1 = y_{\xi-n+1, n} + 1, & \rightarrow \xi \bmod(2) = 0 \ \& \ \xi \geq n+1, \end{cases}$$

тобто визначення основ здійснюється для окремих нерівномірних діагоналей залежно від їх порядкового номера та напрямку зигзагобходу, називається **нерівноважним позиційним нерівномірно-діагональним базисом основ**, тобто

$$D' = \{d'_1, \dots, d'_{\xi}, \dots, d'_{v_n}\}.$$

Властивість нерівноважності виконується, оскільки динамічні діапазони діагоналей матимуть нерівномірні значення.

Наявність додаткової кількості потенційно скорочуваної надлишковості для нерівноважного позиційного нерівномірно-діагонального базису основ створює умови для організації нерівноважного позиційного кодування.

Враховуючи наявність тенденції щодо зигзагоподібного зменшення значень компонент трансформант, **пропонується** формувати позиційні числа на базі елементів діагонали трансформанти ДКП.

Перша причина полягає в тому, що виявлення динамічних діапазонів за діагональним методом дозволяє скоротити їх значення щодо рядково-стовпцевого методу. Другою причиною є зменшення кількості основ на одну величину, тобто $v_d = 2n - 1$.

Відповідно кількість H' потенційно скорочуваної надлишковості для нерівномірно-діагонального методу виявлення динамічних діапазонів щодо рядково-стовпцевого методу буде відмінною від нульового значення.

Це записується таким співвідношенням: $H' = \bar{Q}'_{n \times n}^{(2)} - \bar{Q}_{n \times n}^{(2)} > 0$. Тому в разі наявності тенденції щодо монотонності динамічних діапазонів діагоналей трансформанти можна зробити висновки, що нерівномірно-діагональний метод виявлення динамічних діапазонів створює потенціал щодо додаткового усунення структурної надлишковості у зображеннях. Сформулюємо поняття нерівноважного позиційного нерівномірно-діагонального базисного простору.

Визначення. Нерівноважний позиційний простір (базис) основ який сформований на основі нерівномірно-діагонального методу виявлення динамічних діапазонів, що відображається системою співвідношень

Отже, сформулюємо таке визначення.

Діагональним нерівномірним позиційним числом (ДНПЧ), тобто позиційним числом $\bar{Y}^{(\xi)}$ у нерівномірно-діагональному базисі основ називається таке позиційне число, для якого залежно від порядкового номера діагонали у трансформанті виконуються такі умови:

1) елементи $y_{k,\ell}$ позиціонуються на діагоналях трансформанти, тобто

$$\bar{Y}^{(\xi)} = \begin{cases} \{y_{1+\tau, \xi-\tau}\}_{\tau=0, \xi-1}, & \rightarrow \xi \leq n; \\ \{y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}\}_{\tau=0, \xi-1}, & \rightarrow \xi \geq n+1. \end{cases}$$

2) основи d'_{ξ} елементів діагоналей визначаються як значення динамічних діапазонів на основі нерівномірно-діагонального методу виявлення з використанням таких виразів:

$$d'_\xi = \begin{cases} \max_{0 \leq \tau \leq n_\xi - 1} \{y_{1+\tau, \xi-\tau}\} + 1, & \rightarrow \xi \leq n; \\ \max_{0 \leq \tau \leq n_\xi - 1} \{y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}\} + 1, & \rightarrow \xi \geq n + 1. \end{cases}$$

3) довжина n_ξ для ДНП числа є нерівномірною і визначається з умови

$$n_\xi = \begin{cases} \xi, & \rightarrow \xi \leq n; \\ 2n - \xi = n - k, & \rightarrow \xi \geq n + 1. \end{cases}$$

Для запропонованого варіанта представлення допустимо сформулювати інтерпретацію трансформанти як послідовність нерівномірно-діагональних позиційних чисел, що записується як

$$Y \rightarrow \{\bar{Y}^{(1)}, \dots, \bar{Y}^{(\xi)}, \dots, \bar{Y}^{(v_n)}\}.$$

Значення коду \bar{E}'_{ξ, n_ξ} для нерівномірного позиційного числа у нерівноважному нерівномірно-діагональному позиційному просторі розраховуватиметься за такими співвідношеннями:

1) для випадку, коли для номера діагоналі виконується умова $\xi \leq n$, то $n_\xi = \xi$, і:

$$\bar{E}'_{\xi, \xi} = \sum_{\tau=0}^{\xi-1} y_{1+\tau, \xi-\tau} d'^{\xi-\tau-1}_\xi;$$

2) для випадку, коли для номера діагоналі виконується нерівність $\xi \geq n + 1$, то $n_\xi = 2n - \xi$. Тоді значення коду $\bar{E}'_{\xi, 2n-\xi}$ для ξ -ї діагоналі визначається як:

$$\bar{E}'_{\xi, 2n-\xi} = \sum_{\tau=0}^{2n-\xi} y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau} d'^{2n-\xi-\tau}_\xi.$$

У разі узагальнення даних співвідношень отримаємо таку систему виразів для обчислення кодового значення \bar{E}'_{ξ, n_ξ} для ξ -го діагонального нерівномірного позиційного числа:

$$\bar{E}'_{\xi, n_\xi} = \begin{cases} \sum_{\tau=0}^{n_\xi-1} y_{1+\tau, \xi-\tau} d'^{n_\xi-\tau-1}_\xi, & \rightarrow \xi \leq n; \\ \sum_{\tau=0}^{n_\xi-1} y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau} d'^{n_\xi-\tau-1}_\xi, & \rightarrow \xi \geq n + 1, \end{cases} \quad (2)$$

де n — лінійний розмір трансформанти; n_ξ — довжина для ξ -ї діагоналі трансформанти; $d'^{n_\xi-\tau-1}_\xi$ — ваговий коефіцієнт для τ -го елемента ξ -ї діагоналі трансформанти.

Для спрощення алгоритмічного представлення процесу формування кодового значення \bar{E}'_{ξ, n_ξ} необхідно записати систему виразів (2) у вигляді одного співвідношення. Для цього потрібно ви-

разити координати елементів діагоналі для випадку $\xi \geq n + 1$ через значення координат елементів діагоналі при $\xi \leq n$. Таким чином, пропонується ввести допоміжну функцію $\text{sign}(\xi - n - 1)$, яка задається так:

$$\text{sign}(\xi - n - 1) = \begin{cases} 1, & \rightarrow \xi > n + 1; \\ 0, & \rightarrow \xi = n + 1; \\ -1, & \rightarrow \xi \leq n; \end{cases}$$

Тоді система (2) перетвориться в таке співвідношення:

$$\bar{E}'_{\xi, n_\xi} = \sum_{\tau=0}^{n_\xi-1} y_{1+\tau+(\xi-n)\text{sign}(1+\text{sign}(\xi-n-1)), \xi-\tau-(\xi-n)\text{sign}(1+\text{sign}(\xi-n-1))} d'^{n_\xi-\tau-1}_\xi.$$

Введемо для спрощення запису параметр $\alpha = \xi - n$, і отримаємо

$$\bar{E}'_{\xi, n_\xi} = \sum_{\tau=0}^{n_\xi-1} y_{1+\tau+\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\tau-\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} d'^{n_\xi-\tau-1}_\xi; \quad (3)$$

$$\text{sign}(\alpha - 1) = \begin{cases} 1, & \rightarrow \alpha > 1; \\ 0, & \rightarrow \alpha = 1; \\ -1, & \rightarrow \alpha \leq 0, \end{cases}$$

де $y_{1+\tau+\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\tau-\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}$ — узагальнений запис τ -го елемента ξ -ї діагоналі трансформанти, а саме:

$$y_{1+\tau+\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\tau-\alpha\text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} = \begin{cases} y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}, & \rightarrow \xi > n + 1; \\ y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau}, & \rightarrow \xi = n + 1; \\ y_{1+\tau, \xi-\tau}, & \rightarrow \xi \leq n. \end{cases}$$

Система (2) і співвідношення (3) враховують особливості обходу елементів діагоналі для верхньої і нижньої зон трансформанти; фіксування основи для поточної діагоналі. Структурну блок-схему діагонально-нерівномірного позиційного кодування трансформант показано на рис. 1. Для формування кодової конструкції V_ξ , яка містить кодове значення \bar{E}'_{ξ, n_ξ} , необхідно враховувати, що кодування здійснюється для окремих діагоналей, а кількість елементів у ній є змінною. Отже, для кодоутворення пропонується використовувати діагонально-нерівномірний принцип виділення кількості розрядів для кодами. Для цього потрібно визначити верхню межу значень коду \bar{E}'_{ξ, n_ξ} з урахуванням довжини ДНП числа і значення основи d'_ξ .

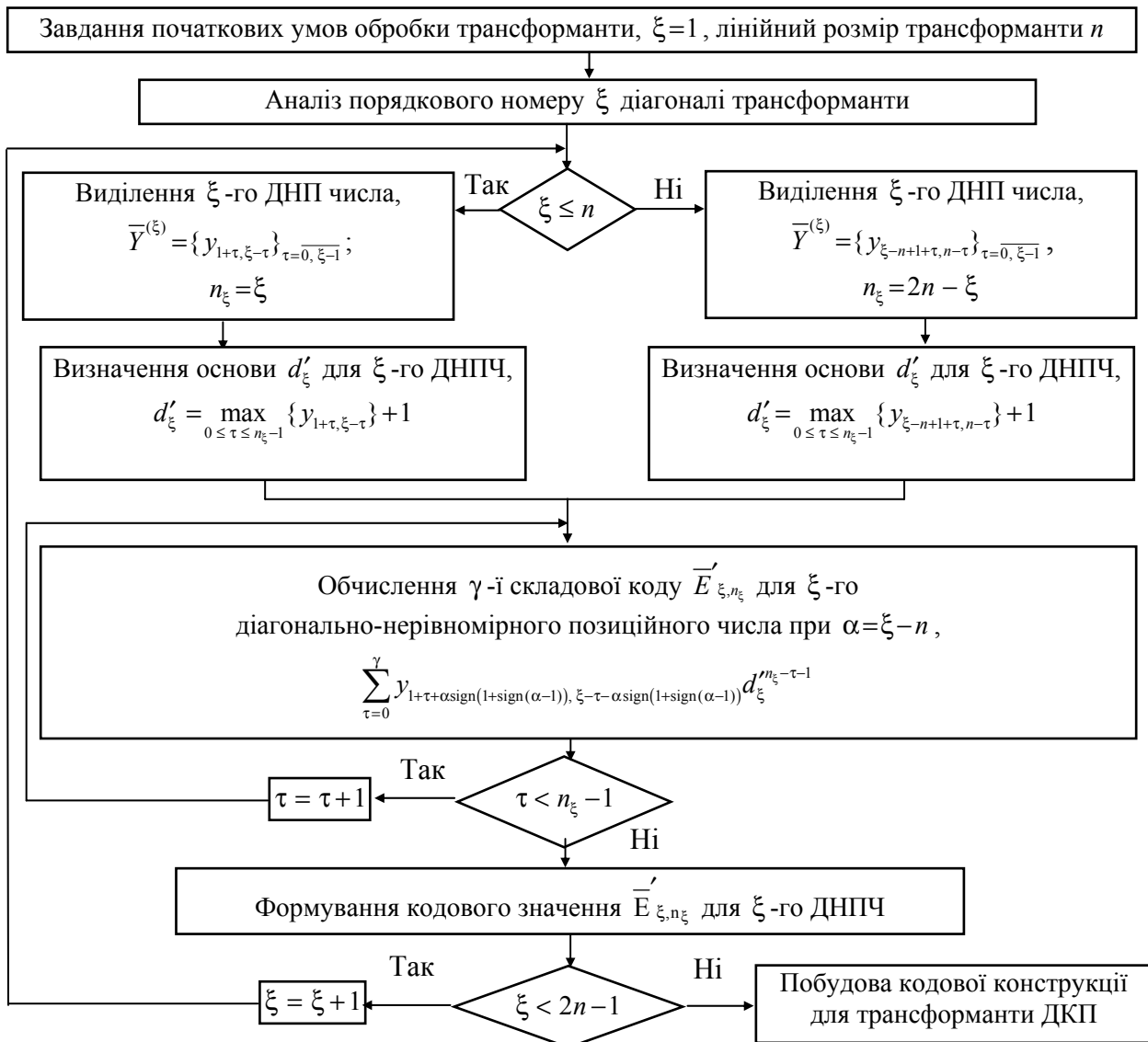


Рис. 1. Структурна схема кодування діагонально-нерівномірних позиційних чисел

З урахуванням того, що для діагонального позиційного числа основи є локально постійними, а довжина нерівномірною, то вираз для верхньої межі коду \bar{E}'_{ξ, n_ξ} набуде такого вигляду: $\bar{E}'_{\xi, n_\xi} \leq d_\xi'^{n_\xi}$, де $d_\xi'^{n_\xi}$ — добуток основ для діагонального нерівномірного позиційного числа завдовжки n_ξ елементів.

З урахуванням цього, кількість \bar{Q}'_{ξ, n_ξ} розрядів на представлення кодового значення \bar{E}'_{ξ, n_ξ} для ДНП числа в режимі нерівномірного розподілу розрядів знаходиться за допомогою такого співвідношення:

$$\bar{Q}'_{\xi, n_\xi} \approx [n_\xi \log_2 d'_\xi] + 1, \text{ біт.}$$

Сумарна кількість $\bar{Q}'_{n \times n}$ розрядів на представлення всієї трансформанти оцінюється шляхом підсумовування кількості \bar{Q}'_{ξ, n_ξ} розрядів на кодове представлення її діагоналей, що розглядаються як діагональні нерівномірні позиційні числа, тобто

$$\bar{Q}'_{n \times n} = \sum_{\xi=1}^{2n-1} \bar{Q}'_{\xi, n_\xi} = \sum_{\xi=1}^{2n-1} ([n_\xi \log_2 d'_\xi] + 1), \text{ біт.}$$

Експериментальна оцінка кількості $\bar{Q}'_{n \times n}$ розрядів на представлення трансформанти в разі її подіагонального кодування в нерівноважному позиційному діагонально-нерівномірному базисі основ залежно від ступеня насиченості відповідних фрагментів базових кадрів і значення ПВСШ показана у вигляді діаграм на рис. 2.

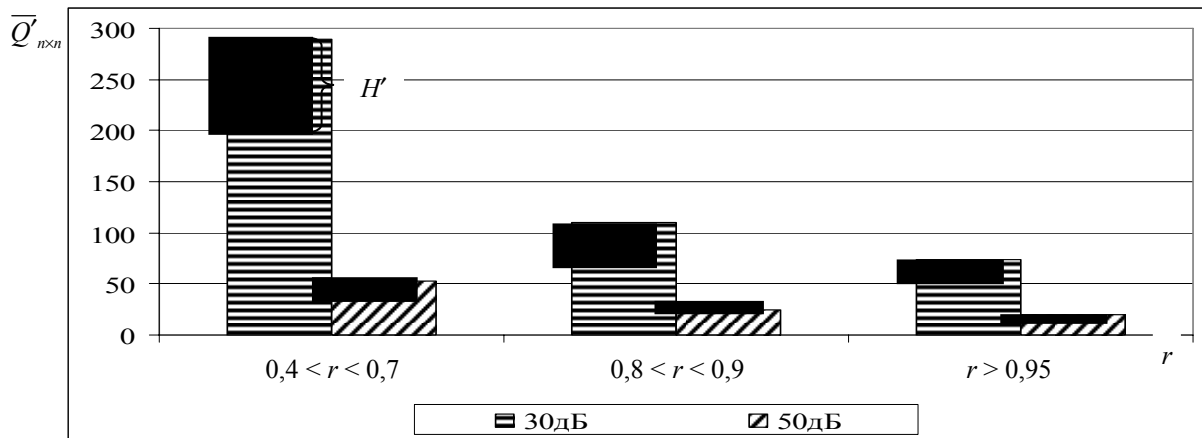


Рис. 2. Залежність величини $Q_{n \times n}$ від ступеня насиченості базових кадрів та ПВСШ

Досліджуючи діаграми на рис. 2, можна зробити такі висновки:

– залежно від ступеня насиченості фрагментів базових кадрів кількість біт на представлення трансформант знижується до рівня 5–190 біт / трансформанту для ПВСШ не нижче 45 дБ, і до рівня 17–35 біт/трансформанту при ПВСШ не вище 30 дБ;

– додаткове скорочення кількості розрядів на представлення трансформанти за рахунок використання нерівномірного кодоутворення для коду ДНП числа щодо нерівноважного позиційного кодування у рядково-стовпцевому базисі основ становить від 15 до 30 % залежно від ступеня насиченості та значення ПВСШ.

Цей «виграш» зумовлений такими причинами:

1) існує тенденція щодо зменшення значень компонент від діагоналі до діагоналі;

2) по діагоналях буде більше можливості спостерігати нульові ланцюжки, завдяки рівні довжині самої діагоналі, тобто отримуватимемо нульову діагональ із динамічним діапазоном, який дорівнює одиниці. Причому ймовірність появи таких діагоналей збільшується в нижній половині трансформанти;

3) усередині діагоналі спостерігатиметься тенденція монотонності зниження значень компонент по зигзагу;

4) для запропонованого підходу потрібно на одну основу менше, ніж для рядково-стовпцевого методу формування базису основ.

Отже, напрям, заснований на нерівномірному діагональному позиційному кодуванні трансформант з діагонально-нерівномірним принципом кодоутворення кодових конструкцій, забезпечує додаткове зниження інтенсивності базових кадрів. Для подальшого зниження кількості розрядів слід враховувати структурну специфіку діагонального формату трансформанти, а саме наявність одноелементних діагоналей.

Для трансформант ДКП ця специфіка враховується таким чином:

1. Діагональ $\bar{Y}^{(1)} = \{y_{1,1}\}$, що складається з одного елемента, несе інформацію про низькочастотну компоненту трансформанти. Даний елемент має різко відмінні характеристики щодо інших компонент трансформант. В існуючих рекомендаціях згідно зі стандартом обробки відеопотоку низькочастотні ДС-компоненти обробляються окремо. Для такої обробки враховується незначна відмінність значень ДС-компонент для сусідніх трансформант. Отже, першу діагональ треба вилучити з базису основ НДП чисел.

2. Діагональ $\bar{Y}^{(2n-1)} = \{y_{n,2n-1}\}$ містить у собі високочастотну компоненту $y_{n,n}$. Дана компонента відповідає базису ДКП із найбільшою кількістю гармонік. Тому для досить широкого класу зображень значення компоненти $y_{n,n}$ дорівнюватиме нульовому значенню, тобто $y_{n,n} = 0$. Таким чином, дану діагональ потрібно вилучити з процесу обробки. У результаті кількість v_d діагоналей, що беруть участь у формуванні діагональних нерівномірних позиційних чисел, дорівнюватиме $v_d = 2n - 3$. Тоді сумарна кількість $\bar{Q}'_{(n \times n)-2}$ розрядів на представлення всіх кодових значень діагональних нерівномірних позиційних чисел визначатиметься на основі співвідношення:

$$\bar{Q}'_{(n \times n)-2} = \sum_{\xi=2}^{2n-2} \left(\left[n_{\xi} \log_2 d'_{\xi} + 1 \right] \right), \text{ біт.}$$

Таким чином, можна зробити такі висновки.

1) Розроблено метод формування базису основ для трансформанти ДКП за нерівномірною-діагональним принципом. У цьому випадку трансформанта розглядається як комбінаторний об'єкт у нерівноважному позиційному нерівномірно-діагональному просторі.

2) Створені модель і метод представлення трансформанти на основі нерівномірно-діаго-

нального позиційного кодування з нерівномірним кодоутворенням кодограм. У результаті цього обґрунтований потенціал для додаткового зниження інтенсивності базових кадрів відносно позиційного кодування в базисі основ, сформованому за рядково-стовпцевою схемою.

3. Створено модель оцінки інформативності трансформанти з урахуванням того, що трансформанта ДКП розглядається за нерівномірною діагональною структурою і являє собою комбінаторний об'єкт, а саме перестановку з повтореннями, на динамічні діапазони елементів яких накладені обмеження. Обґрунтовано, що в разі наявності тенденції у зміні властивостей трансформанти в діагональному напрямку для нерівномірно-діагонального методу виявлення динамічних діапазонів забезпечується потенціал щодо додаткового усунення структурної надлишковості в зображеннях.

2. Розроблено метод стиснення трансформант на основі діагонально-нерівномірного позиційного кодування. Особливість методу полягає в тому, що:

– позиційні числа будуються на базі нерівномірних діагоналей трансформанти;

– основи елементів діагоналей визначаються як значення динамічних діапазонів на основі нерівномірно-діагонального методу виявлення;

– перша й остання діагоналі вилучаються з базису основ НДП чисел й обробляються окремо. Це зумовлено тим, що: перша діагональ містить низькочастотну компоненту трансформанти, яка має різко відмінні характеристики щодо інших компонент трансформант; остання діагональ для досить широкого класу зображень міститиме компоненту з нульовим значенням.

3. Побудовано узагальнену технологію кодового представлення діагоналей без урахування апріорної інформації про її довжину і порядковий номер у трансформанти. У даному випадку враховується симетрія структурних властивостей трансформанти щодо найбільшої діагоналі. Це дозволяє спростити алгоритмічну реалізацію процесу кодування.

4. Розроблено технологію кодоутворення кодограмою на основі діагонально-нерівномірного принципу виділення кількості розрядів на основі інформації про довжину ДНП числа і його основи.

5. Експериментальна оцінка кількості розрядів на представлення трансформанти в разі її подіагонального кодування в нерівноважному позиційному діагонально-нерівномірному базисі основ, залежно від ступеня насиченості відповідних фрагментів базових кадрів і значення ПВСШ, дала змогу зробити такі висновки:

– залежно від ступеня насиченості фрагментів базових кадрів кількість біт на представлення

трансформант знижується до рівня 50–190 біт/трансформанту для ПВСШ не нижче 45 дБ, і до рівня 17–35 біт/трансформанту при ПВСШ не вище 30 дБ;

– додаткове скорочення кількості розрядів на представлення трансформанти за рахунок використання нерівномірного кодоутворення для коду ДНП числа щодо нерівноважного позиційного кодування рядково-стовпцевому базисі основ становить від 15 до 30 % залежно від ступеня насиченості та значення ПВСШ.

Наукова новизна:

1) отримала подальший розвиток модель для оцінювання інформативності представлення фрагменту зображень на основі трансформування та виявлення комбінаторної надлишковості. Відмінність полягає в тому, що оцінювання кількості інформації здійснюється для трансформанти як комбінаторного об'єкта що формується за нерівномірною діагональною структурою. Це дає можливість оцінити нижню межу ефективності кодового представлення трансформанти;

2) уперше розроблено метод кодування трансформант у нерівноважному діагонально-нерівномірному позиційному базисі основ. Відмінність полягає у тому, що діагональ трансформанти розглядається як нерівномірно-діагональне позиційне число з нерівномірним кодоутворенням кодограм. Це дозволяє додатково знизити кількість розрядів на представлення фрагменту базового кадру.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Олифер В. Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 3-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — СПб. : Питер, 2006. — 958 с.

2. *Gonzales R. C.* Digital image processing / R. C. Gonzales, R. E. Woods. — Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. — 779 p.

3. *Красильников Н.Н.* Цифровая обработка изображений / Н. Н. Красильников. — М. : Вузовская книга, 2011. — 320 с.

4. *Баранник В. В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В. В. Баранник, В. П. Поляков. — Х. : ХУПС, 2010. — 234 с.

5. *Баранник В. В.* Метод повышения доступности видеoinформации аэромониторинга / В. В. Баранник, С. В. Туренко, О. С. Кулица // Радиоэлектронные и компьютерные системы. — 2013. — № 3. — С. 31–36.

6. *Barannik V.* Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems Air Monitoring Of Earth / V. Barannik, A. Yakovenko, A. Krasnorutkiy // Lviv-Slavsko, International Conference TCSET'2009, Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science, February 19–23, 2009. — P. 381–383.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2014.