

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМУВАННЯ ТА КОДУВАННЯ ВІДЕОДАНИХ

Баранник В.В., Кривонос В.М., Леках А.А.

Вступ

Останнє десятиріччя характеризується стрімким розвитком бездротових інфокомунікаційних технологій передачі даних. Ефективне функціонування таких систем визначається якістю передачі та обробки інформації і оцінюється таким показником як продуктивність, що задається формулою

$$A_t = U(P_t) / T_{\Sigma} ,$$

де T_{Σ} – сумарний час обробки та передачі відеоданих обсягом $U(P_t)$.

Продуктивність бездротових мереж нового покоління допускає реалізацію відеоінформаційного обміну. Однак відеоінформаційний сектор стрімко розвивається і досягає 70%, від загального обсягу трафіку. Необхідна швидкість передачі відеопотоку за одиницю часу, структура якого представлена на рис. 1, визначається за формулою (1), і залежно від розміру зображення представлена на рис. 2.

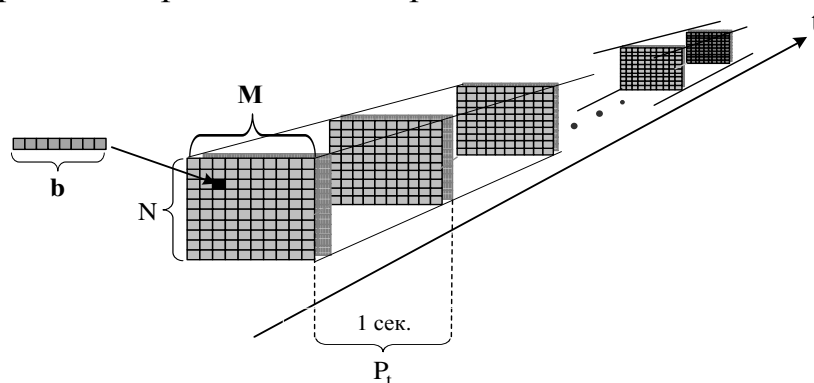


Рис.1. Структура відеопотоку

$$U(P_t) = P_t \times M \times N \times b \text{ (біт)}, \quad (1)$$

де $U(P_t)$ – обсяг відеопотоку за 1 сек. з частотою P_t кадрів/с; P_t – частота кадру; $M \times N$ – розмір зображення; b – глибина оцифрування зображення.

У той же час, оцінка часу передачі нестислих відеоданих з врахуванням існуючої продуктивності бездротових технологій, показала, що час передачі може досягати десятки секунд. Звідки можна заключити, що потрібно підвищувати продуктивність існуючих бездротових технологій. Потрібно забезпечити виконання співвідношення $A_t \rightarrow \max$ для заданих обсягів відеоданих відповідних відеоінформаційних сервісів, що описується обмеженням $(U)_H \leq (U)$.

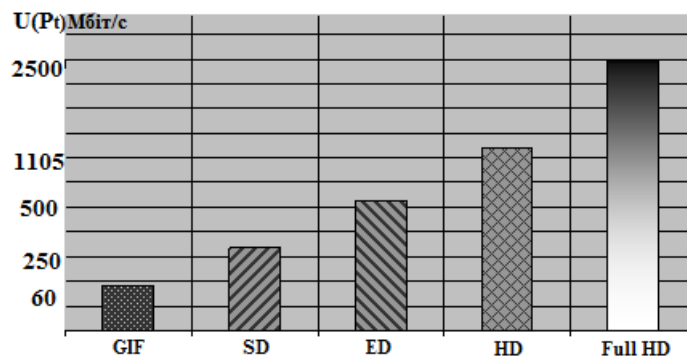


Рис.2 Необхідна середня $V_{\Pi}(P_t)$ швидкість передачі відеопотоку за 1сек. у залежності від якості зображення

Це можна досягти за рахунок зниження сумарного часу доставки даних, як результат зниження обсягів даних, що передаються, тобто

$$T_{\Sigma} \rightarrow \min, \quad T_{\Sigma} = T_{\text{обр}} + T_{\Pi},$$

де T_{Σ} – сумарний час обробки та передачі відеоданих; $(U)_H$ – необхідний обсяг відеоданих.

Отже зниження обсягів відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних систем із заданою якістю відеосервісу, є актуальною науково-прикладною задачею.

Сформульовану задачу пропонується вирішувати на базі розвитку технології стиснення, з подальшою інтеграцією в інфокомунікаційні системи. Одним з найбільш розповсюджених та популярних методів стиснення є метод JPEG, основні етапи роботи якого показані на рис.3 [1].

Оцінка часу передачі зображень стислих з використанням методу JPEG проводиться за формулою:

$$T_{\Pi} = \frac{U(P_t)}{k_{\text{ст}} \times V_{\Pi}} \text{ (сек)},$$

де $k_{\text{ст}}$ – коефіцієнт стиснення; V_{Π} – швидкість передачі зображення по каналу зв'язку.

Аналіз компресійних характеристик методу JPEG виявив, що передача відеоданих у реальному часі можлива тільки в режимі значних втрат якості.

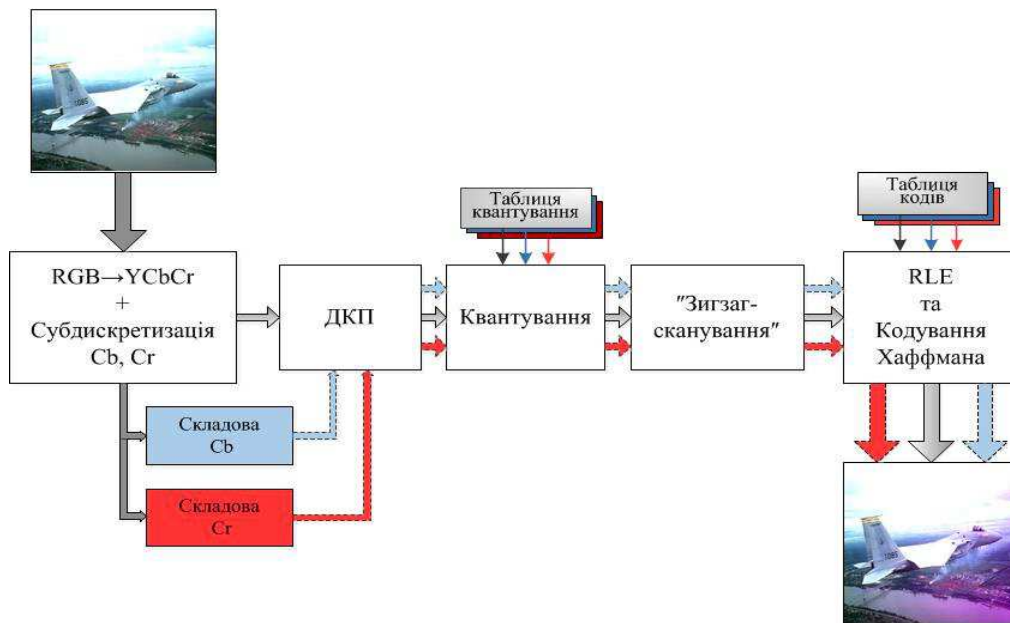


Рис.3. Блок-схема роботи алгоритму стиснення у JPEG

Для вдосконалення технології JPEG, пропонується використовувати підхід, заснований на обробці компонентного представлення трансформанти. Це дозволить враховувати такі закономірності як: переконцентрація енергії; наявність ланцюжків нульових елементів. У той же час, існуючі підходи пов'язані з такими недоліками як: в одному випадку, це додаткова передача динамічних таблиць статистичних кодів, а в другому випадку, це низька адаптивність стаціонарних статистичних таблиць до змінних характеристик зображення. Звідси виникає необхідність у розробці методу кодування відеоданих на основі компонентної структури трансформанти для зниження їх обсягів у інфокомунікаційних системах.

1. Метод стиску трансформованих відеоданих для засобів інфокомунікацій

Пропонується розділяти трансформанту після її лінеаризації на складові: вектор значущих субсмуг та вектор масштабуючих компонент рис. 4.

Тут Y_m – розгорнута трансформанта; Y_{m-1} – вектор значущих субсмуг; G_{m-1} – вектор масштабуючих компонент; DC – низькочастотна компонента трансформанти.

Внаслідок чого трансформанта складатиметься з трьох складових:

$$Y_m = \{DC; Y_{m-1}; G_{m-1}\}.$$

Це дозволить виділити характерні структурні закономірності. Для вектора значущих субсмуг

$$Y_{m-1} = \{y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\};$$

структурні характеристики задаються наступними закономірностями:

Перша: сусідні значущі субсмуги послідовності мають різні значення, що задається нерівністю

$$y_{\xi} \neq y_{\xi+1}; \quad \xi = \overline{1, m-1}.$$

Друга: виконується закономірність щодо обмеженого діапазону субсмуг, що виражено нерівністю

$$y_{\min} \leq y_2, \dots, y_j, \dots, y_m \leq y_{\max}.$$

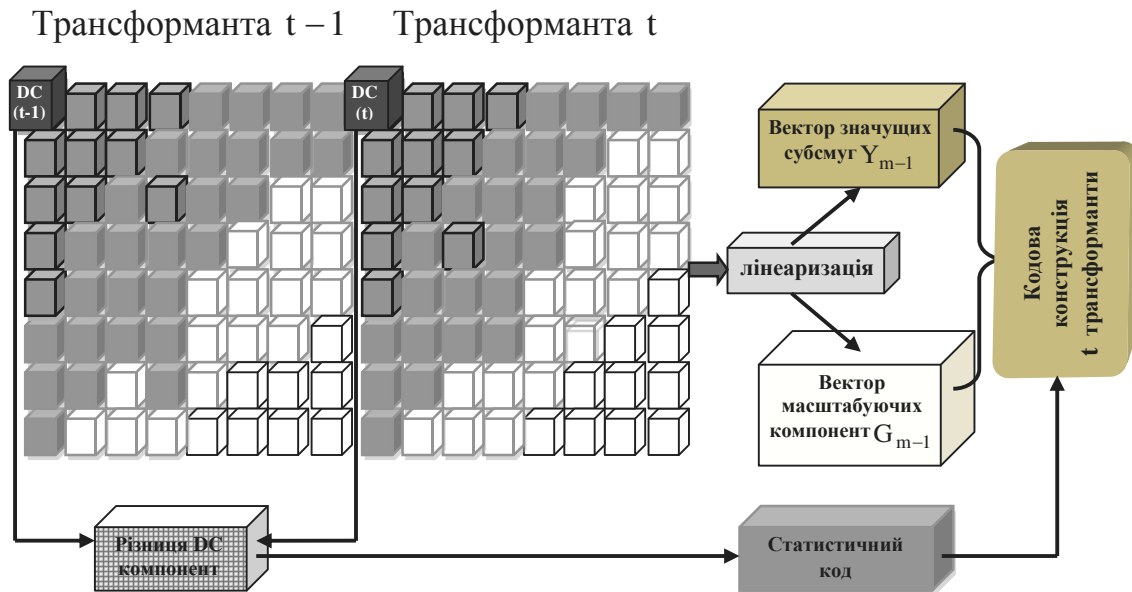


Рис.4. Структурна схема обробки компонент трансформанти

Для урахування таких закономірностей, пропонується підхід, що полягає в розгляді значень значущих субсмуг вектора, як послідовність, у якій діапазон другої компоненти визначатися нерівністю

$$y_{\min} \leq y_2, \dots, y_j, \dots, y_m \leq y_{\max};$$

для всіх інших компонент визначається виразом

$$w(y)_j = y_{\max} - y_{\min}; \quad \text{де } j = \overline{3, m}.$$

У результаті запропонованих перетворень для трансформант формується, послідовність значущих субсмуг, значення яких задовольняють умовам

$$y_2 \leq w(y)_2 = y_{\max} - y_{\min} + 1; \quad y_j \leq w(y)_j = y_{\max} - y_{\min}; \quad j = \overline{3, m}. \quad (2)$$

Звідси значущі субсмуги вектора називатимуться як послідовність значень значущих субсмуг неоднорідного спектра дискретного косинусного перетворення (ДКП) [6].

Визначення 1. Вектор Y_{m-1} , для субсмуг якого виконуються умови (2) так, що у загальному випадку $w(y)_j \neq w(y)_v$, $j \neq v$, та $j, v = \overline{2, m}$,

називатиметься послідовністю значень значущих субсмуг неоднорідного спектру ДКП з системою основ $W(y) = \{w(y)_j\}$.

Тоді максимальна кількість розрядів, що витрачається на представлення вектора неоднорідних значень спектра ДКП трансформанти, обчислюється за формулою

$$D'_{m-1}(y) = [\log_2 V'_{m-1}(y)] + 1 = [\log_2 (y_{\max} - y_{\min} + 1) + (m-2)\log_2 w(y)] + 1,$$

де $D'_{m-1}(y)$ – максимальна кількість розрядів, яка необхідна на представлення вектору неоднорідних значень спектру ДКП, а середня кількість двійкових розрядів, що припадає на один елемент послідовності, визначається формулою

$$\bar{D}'_{m-1}(y) = \frac{[\log_2 (y_{\max} - y_{\min} + 1) + (m-2)\log_2 w(y)] + 1}{m-1},$$

де $\bar{D}'_{m-1}(y)$ – середня кількість двійкових розрядів, що припадає на один елемент вектору Y_{m-1} .

Мінімальна кількість надмірності оцінюється на основі виразу

$$\bar{S}_{\min}(y) = (1 - [\frac{\log_2 (y_{\max} - y_{\min} + 1)}{8(m-1)} + \frac{\log_2 w(y)}{8(m-1)}])100\%,$$

де $\bar{S}_{\min}(y)$ – мінімальна кількість надмірності у випадку представлення компоненти трансформанти як окремої величини відносно її представлення, як елемента вектору Y_{m-1} .

Звідки видно, що виконується нерівність

$$\log_2 (y_{\max} - y_{\min}) \leq 8.$$

Отже, мінімальна кількість надмірності буде відмінною від нульового рівня $\bar{S}_{\min}(y) > 0\%$.

Таким чином, обґрунтовано, що в результаті кодування значущих субсмуг частотного спектра ДКП в умовах його неоднорідності, досягається додаткове скорочення надмірності.

Для вектора масштабуючих компонент трансформанти, залежно від стратегії квантування, характерні наступні закономірності, а саме: наявність початкової 1_g та останньої g_m нульової серії; компонент N_g , що знаходяться в середині вектора мають обмежений діапазон. З аналізу характеристик основних структурних параметрів вектора масштабуючих компонент випливає, що в залежності від кроку квантування R вони змінюються за певними закономірностями. Початкова нульова серія зменшується, остання - збільшується, компоненти, що позиціонують між серіями нулів - зменшуються. Саме такі закономірності використовуються при кодуванні.

Метод стиснення пропонується будувати на основі роздільної обробки структурних параметрів трансформанти. Тут основними етапами є:

Перший. Обробка низькочастотної DC компоненти, яка кодується окремо від інших значущих компонент. Вона представляється у вигляді різниці, значення поточної компоненти та компоненти попередньої сусідньої трансформанти, вираз (3) яка кодується двома частинами рис. (5).

$$\Delta DC(t) = DC(t) - DC(t-1). \quad (3)$$

Низькочастотна DC компонента, кодується двома частинами, що задається формулами:

$$\Delta DC(t) < DC(t), l(\Delta DC(t)) < l(DC(t)), [\Delta DC(t)]_2 = [l_i]_2 \cup [d_i]_2;$$

де $\Delta DC(t)$ – значення різниці поточної DC(t) та попередньої DC(t-1) компоненти трансформанти; $l(\Delta DC(t))$ – довжина двійкового представлення різниці $\Delta DC(t)$ компоненти; $l(DC(t))$ – довжина двійкового представлення вихідної DC(t) компоненти; $[\Delta DC(t)]_2$ – двійковий запис значення різниці $\Delta DC(t)$ компоненти; $[l_i]_2$ – двійковий запис основного коду; $[d_i]_2$ – двійковий запис додаткового коду; l_i – довжина основного коду; d_i – довжина додаткового коду.

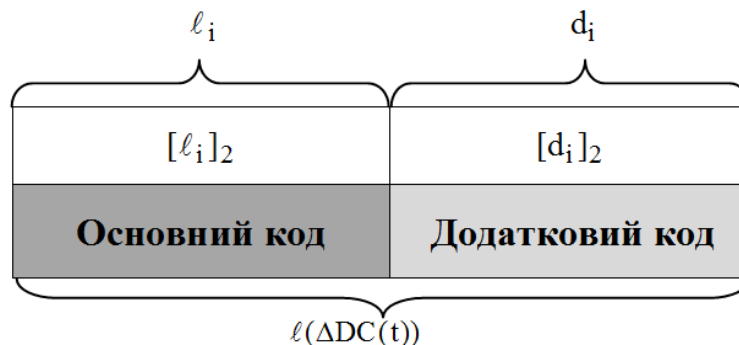


Рис.5. Структура коду низькочастотної компоненти

Другий етап. Тут відбувається кодування значущих субсмуг частотного спектра ДКП в умовах його неоднорідності. Формування кодового опису пропонується здійснювати на базі побудови кодових конструкцій для послідовності неоднорідних значень спектру ДКП. Величина $\Delta V(y)_j$ визначається як кількість допустимих послідовностей які передували вектору $\Delta Y(m-j)$, а саме:

$$\Delta V(y)_j = \begin{cases} y_j (w(y) - 1)^{(m-j-1)} - \Delta V(y'_j = y_{j-1}), \rightarrow y_{j-1} < y_j; \\ y_j (w(y) - 1)^{(m-j-1)}, \rightarrow y_{j-1} > y_j. \end{cases}$$

Введемо допоміжну величину μ_j , яка дорівнює

$$\mu_j = \begin{cases} y_j, & \rightarrow y_j < y_{j-1}; \\ y_j - 1, & \rightarrow y_j > y_{j-1}. \end{cases}$$

В результаті чого, співвідношення для коду $E(y)_u$ вектора значущих субсмуг трансформанти прийме вигляд

$$E(y)_u = \sum_{j=2}^m \mu_j (w(y) - 1)^{(m-j-1)}.$$

При початкових умовах, що задаються співвідношеннями

$$y'_0 = w(y) > y_2, \quad y'_0 = w(y),$$

де $y_j (w(y) - 1)^{(m-j-1)}$ – сумарна кількість послідовностей для усіх елементів котрих, крім j -го виконуються обмеження на діапазон та неоднорідність сусідніх субсмуг; $\Delta V(y'_j = y_{j-1})$ – кількість заборонених послідовностей, які передують послідовності яка кодується $\Delta Y(m - j)$; $(w(y) - 1)^{(m-1)}$ – кількість послідовностей неоднорідного спектру ДКП [2; 9].

В результаті виключення послідовностей, що містять однорідні сусідні субсмуги, досягається усунення структурної надмірності без внесення викривлень. При цьому усунення надмірності забезпечується навіть в тих випадках, коли динамічний діапазон високочастотних компонент трансформанти прагне до динамічного діапазону низькочастотної компоненти, тобто

$$y_j \rightarrow y_1.$$

На *третьому етапі* організується кодування вектора масштабуючих компонент, який складається з трьох складових [3]

$$G_{m-1} = \{G_1^{(l_g)}; G_2; g_m\},$$

де кожна складова, визначається виразами:

$$G_1^{(l_g)} = \{g_1, \dots, g_{l_g+1}\}, \text{ де } g_\xi = 0, \quad \xi = \overline{1, l_g}, \quad G_2 = \{g_{l_g+1}, \dots, g_{m-1}\},$$

Для кроку квантування, відповідного необхідній якості реконструкції зображення, довжина першої серії нулів буде зростати. У зв'язку, з чим пропонується даний параметр представляти з використанням кодування довжинами серій, як показано на рис. 6.

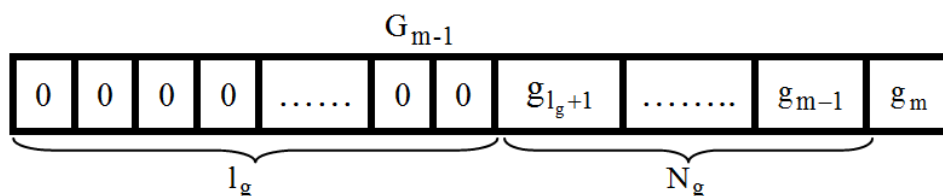


Рис.6. Структура вектору масштабуючих компонент

Перша частина коду E_1 вектора масштабуючих компонент та його довжина $l(E_1)$ буде визначатися за формулами:

$$E_1 = 1_g, l(E_1) = [\log_2 1_g] + 1 \text{ (біт)},$$

де $G_1^{(1g)}$ – кількість перших нульових елементів вектору G_{m-1} ; G_2 – елементи вектору G_{m-1} за виключенням першої та останньої серії нулів; g_m – остання компонента вектору G_{m-1} .

Для компактного представлення, другого структурного параметра вектору масштабуючих компонент, пропонується використовувати код Бодо. Суть кодування, якого полягає у наступному:

1) визначається максимальний динамічний діапазон, за формулою:

$$W(G_2) = \max_{1_g+1 \leq \xi \leq m-1} \{g_\xi\} + 1.$$

2) обчислюється ціле кількість біт d_1 , яка необхідна для подання чисел з виявленим динамічним діапазоном, використовуючи вираз:

$$d_1 = [\log_2 W(G_2)] + 1.$$

3) формується кодова конструкція так, що під кожен її компоненту буде виділятися рівна кількість двійкових розрядів, що визначається нерівністю:

$$l([g_\xi]_2) = d_1 \text{ (біт)}.$$

Структура компактно-представленої другої складової вектора масштабуючих компонент представлена на рис. 7.

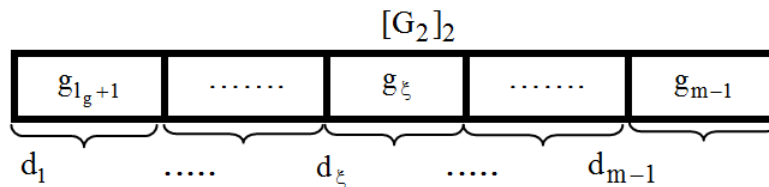


Рис.7. Структура компактно-представленого підвектора G_2 в двійковому вигляді

Таким чином, вектор масштабуючих компонент замінюється двома кодovими складовими вираз (4) та представлений на рис. 8.

$$G_{m-1} \rightarrow \{l(E_1); (d_1, \dots, d_\xi, \dots, d_{m-1})\}. \quad (4)$$

Граф-схема способу кодування вектора масштабуючих компонент представлено на рис. 9.

Таким чином, розроблено модель опису вектора масштабуючих компонент, який, задає масштаб значущих субсмуг в частотному спектрі ДКП. Розроблено технологію кодування масштабуючих компонент, з використанням коду Бодо та коду довжини серій, для зниження сумарних витрат на їх представлення.

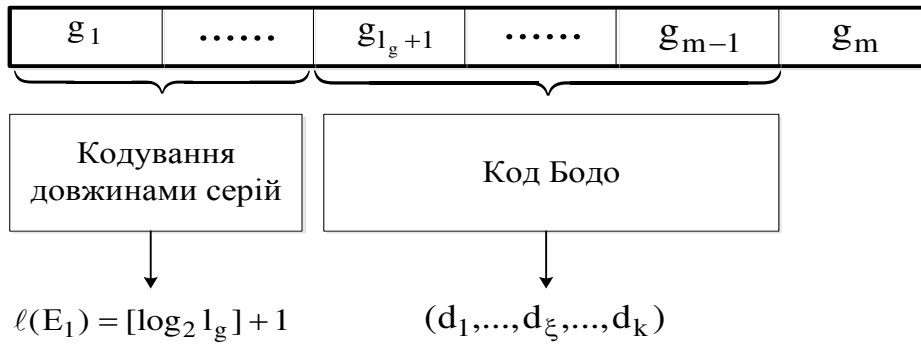


Рис.8. Структурна схема кодових складових вектору G_{m-1}

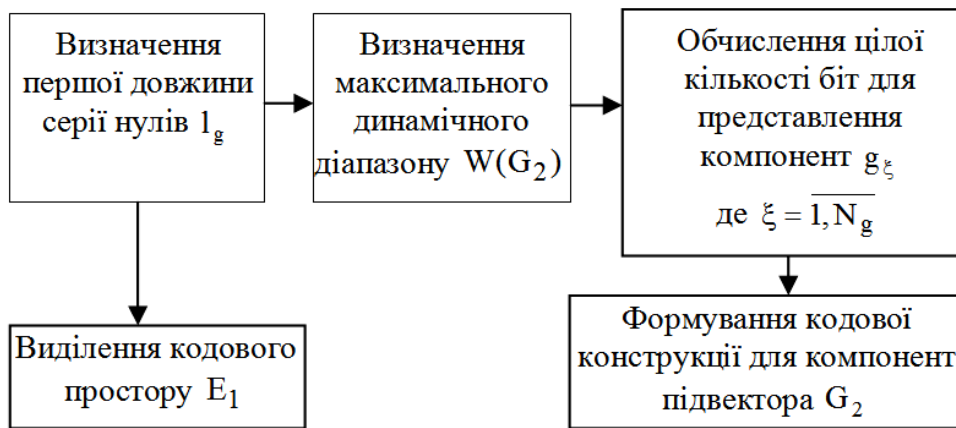


Рис.9. Граф-схема способу кодування вектора G_{m-1}

2. Метод відновлення компонент трансформанти в технології реконструкції відеоданих

Відновлення компонент трансформант включає в себе наступні етапи. Спочатку відбувається реконструкція низькочастотної DC компоненти та послідовності неоднорідних значущих субсмуг спектра ДКП, що представлено на рис. 10 [5;7;10].

На рис. 10 $E(y)_u$ – кодове значення послідовності значень субсмуг неоднорідного спектру ДКП; μ_j – допоміжна величина; $w(y)$ – діапазон субсмуг вектора Y_{m-1} ; m – кількість субсмуг; j – субсмуга вектора Y_{m-1} .

На останньому етапі відбувається відновлення масштабуючих компонент рис. 11 [4].

При відновленні низькочастотної DC компоненти, кодер використовує статистичний код, який зберігається в двійковому вигляді в спеціальних кодових таблицях.

Відновлення послідовності значень субсмуг неоднорідного спектру ДКП, здійснюється в два етапи:

На першому етапі, метод відновлення значущих субсмуг полягає, в декодуванні кодового значення $E(y)_u$ послідовності значущих субсмуг неоднорідного спектра ДКП. Це дозволить отримати значення вектора

значущих субсмуг Y_{m-1} . Тут використовується інформація про діапазон субсмуг $w(y)$, кількості елементів, а також про нульовий елементі послідовності значень неоднорідного спектра ДКП, який дорівнює $y_0 = w(y)$. Відновлення елементів вектора значущих субсмуг організовується наступними діями.

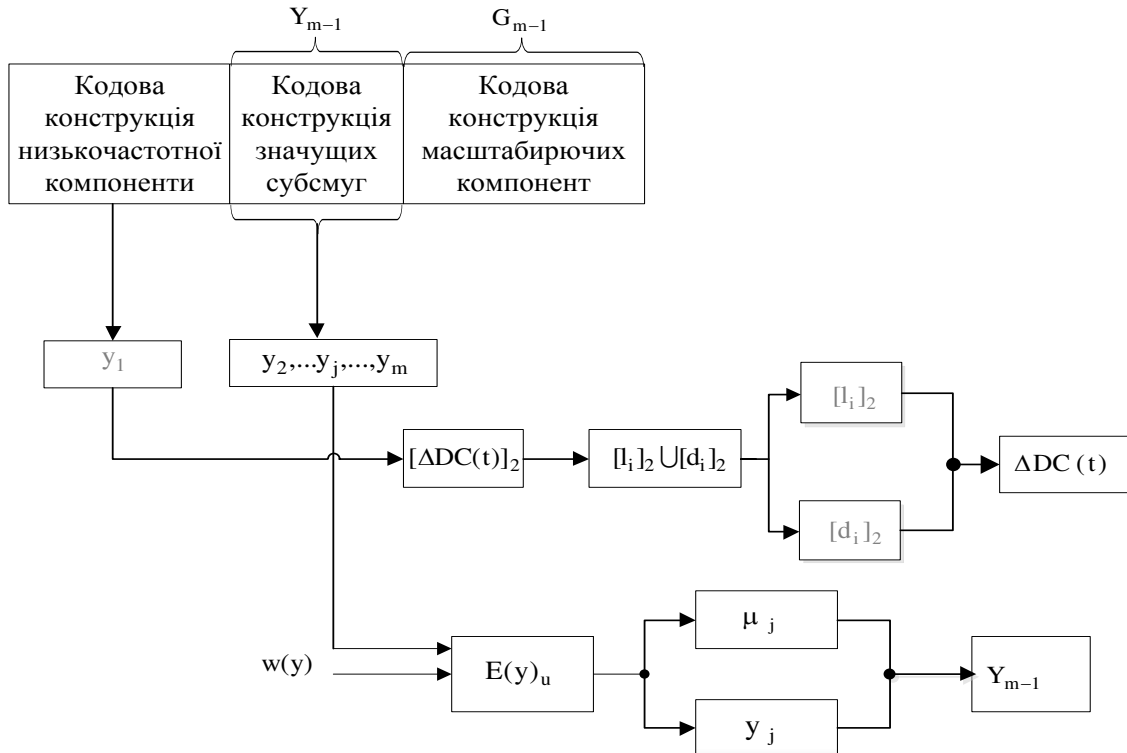


Рис.10. Загальна схема реконструкції низькочастотної DC компоненти та вектору Y_{m-1}

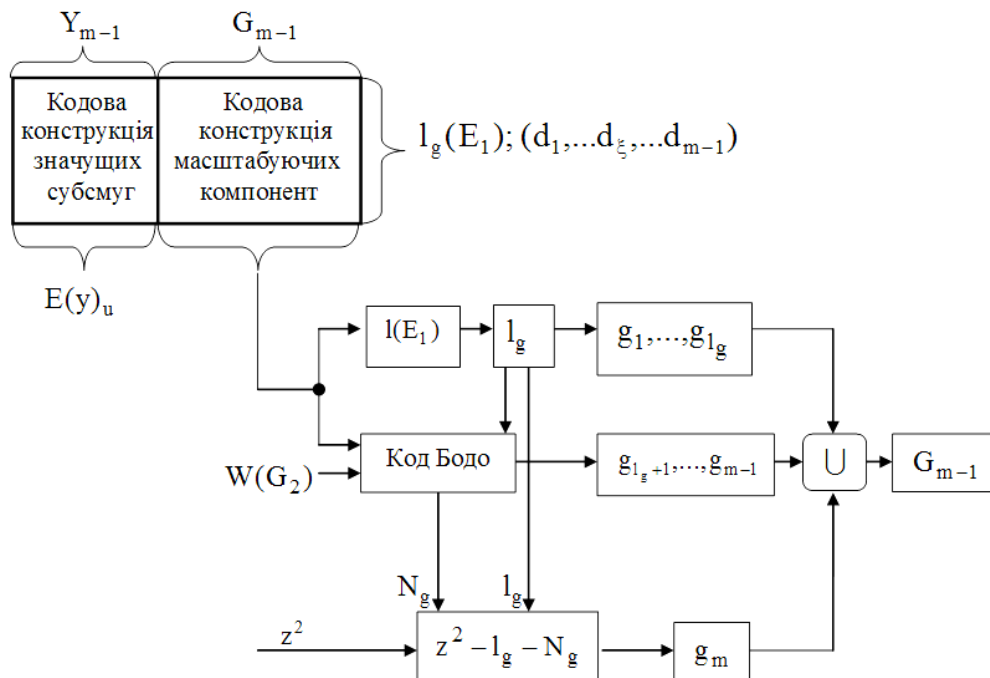


Рис.11. Структура схема відновлення компонент у векторі G_{m-1}

Відбувається відновлення допоміжних величин μ_j , на які накладається тільки одне обмеження, що визначається нерівностями:

$$\begin{aligned} \mu_j < w(y), & \quad \text{якщо } j=1; \\ \mu_j < (w(y)-1), & \quad \text{якщо } j=\overline{2, m}. \end{aligned}$$

Подальше їх відновлення здійснюється за формулами:

$$\mu_1 = [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-1)}], \quad (5)$$

$$\mu_j = [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}] (w(y)-1), \quad (6)$$

$$j = \overline{2, m}.$$

На другому етапі, відбувається відновлення елементів y_j субсмуг вектора, на основі отриманих на попередньому етапі допоміжних величин μ_j , що задається наступною системою:

$$y_j = \begin{cases} \mu_j, & \rightarrow \mu_j < y_{j-1}; \\ \mu_j + 1, & \rightarrow \mu_j \geq y_{j-1}. \end{cases} \quad (7)$$

Об'єднавши вирази (5) - (7) отримаємо систему аналітичних співвідношень для відновлення послідовності неоднорідних значень спектра ДКП, а саме:

$$y_j = \begin{cases} [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}] (w(y)-1), & \rightarrow \mu_j < y_{j-1}; \\ [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}] (w(y)-1) + 1, & \rightarrow \mu_j \geq y_{j-1}, \end{cases}$$

де $(w(y)-1)^{(m-j)}$ – діапазон елемента μ_j .

Тут забезпечується відновлення послідовності неоднорідних значень спектра ДКП без внесення помилок.

Реконструкція вектора масштабуючих компонент формується з трьох етапів.

Перший етап. Перша складова вектора масштабуючих компонент реконструюється в результаті зчитування десятинного числа в двійковому записі $[1_g]_2$, тобто:

$$[1_g]_2 \xrightarrow{l(E_1)} 1_g,$$

або

$$1_g = \sum_{\xi=1}^{l(E_1)-1} \alpha_\xi \cdot 2^\xi, \quad [1_g]_2 = \{\alpha_1, \dots, \alpha_\xi, \dots, \alpha_{l(E_1)}\},$$

де α_ξ – двійковий елемент послідовності $[1_g]_2$; ξ – індекс двійкового елемента $[1_g]_2$.

Це дозволить отримати першу складову E_1 вектора маштабуючих компонент G_{m-1} , що задається наступним співвідношенням:

$$g_j = 0, \quad j = \overline{1, l_g}, \quad E_1 = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_{l_g}\}.$$

Таким чином, розроблений спосіб відновлення першої серії нульових компонент вектора масштабуючих компонент, на основі декодування двійкового коду її довжини.

Другий етап процесу відновлення здійснюється реконструкція другої структурної складової E_2 вектора масштабуючих компонент трансформанти. Для цього необхідна службова інформація про максимальне значення динамічного діапазону послідовності g_{l_g}, \dots, g_{m-1} (рис. 12).

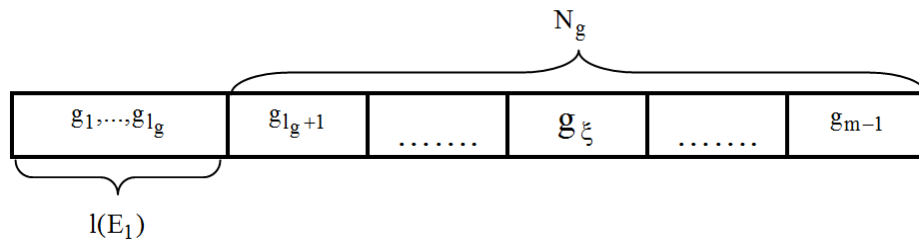


Рис.12. Структурна схема складових l_g та N_g у векторі G_{m-1}

Оскільки, простий код Бодо є рівномірним, то визначення позиції компонент другої складової, здійснюється за наступним правилом:

$$P_1(E_2) = l(E_1) + 1,$$

$$P_2(E_2) = l(E_1) + 1 + d_1,$$

$$P_{\xi}(E_2) = P_{\xi-1}(E_2) + d_1,$$

де P_1, P_2, P_{ξ} – відповідні позиції компонент, другої структурної складової вектору G_{m-1} ; $l(E_1)$ – довжина першої частини коду вектора G_{m-1} ; d_1 – ціла кількість біт необхідних на представлення компоненти, другої структурної складової вектора G_{m-1} кодом Бодо.

Після чого відбувається відновлення відповідного значення

$$g_{\xi} = \sum_{\xi=0}^{N_g-1} \alpha_{\xi} \cdot 2^{\xi}.$$

Кількість відновлених компонент, визначається на основі відомої довжини послідовності значущих субсмуг неоднорідного спектра ДКП, що задається формулою

$$N_g = (m - 1) - l_g.$$

Третій етап. Структурний параметр g_m , вектора масштабуючих компонент G_{m-1} , являє собою, довжину останньої серії елементів, які мають нульові значення. Параметр g_m вектора G_{m-1} масштабуючих компонент на прийомній стороні, визначається на основі перших двох

структурних складових вектору G_{m-1} . Для цього використовується наступна умова:

$$\sum_{\xi=1}^{m-1} g_{\xi} = l_g + N_g .$$

З урахуванням чого, величина g_m буде обчислюватися за наступним виразом:

$$g_m = (z_1 \cdot z_2) - l_g - N_g ,$$

де $z_1 \cdot z_2$ – лінійний розмір трансформанти.

Отже, знаючи розмір трансформанти та кількість компонент двох структурних параметрів l_g , N_g вектора масштабуючих компонент G_{m-1} , кодувати третю складову g_m немає необхідності (рис. 13).

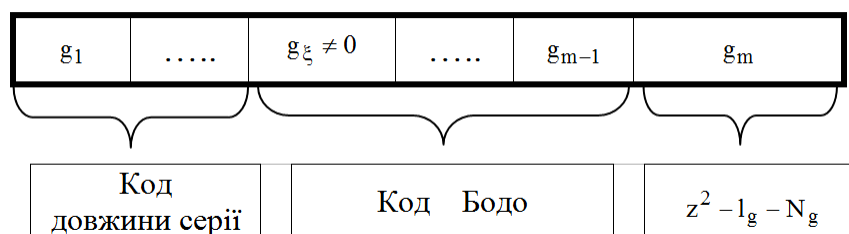


Рис.13. Структурна схема складових вектора G_{m-1}

Таким чином, розроблена технологія реконструкції зображень, стиснутих з використанням попередньої трансформації.

3. Оцінка компресійних характеристик розробленого методу стиску

Сумарна кількість розрядів, необхідна на компактне представлення всього стислого зображення, визначається виразом

$$D_{ст.зоб} = \sum_{\xi=1}^{\eta} D_{\Sigma_{ст.т,\xi}} = \sum_{\xi=1}^{\eta} D_{m-1,\xi}^{(y)} + D_{m-1,\xi}^{(g)} + D_{y_1,\xi} + D_{сл,\xi} ,$$

складові виразу визначаються формулами

$$D_{m-1}^{(y)} = [\ell \log_2 (w(y) + 1) + (m - 2) \log_2 w(y)] + 1 \text{ (біт)},$$

$$D_{сл} = D_m + D_w^{(y)} \text{ (біт)},$$

$$D_{m-1}^{(g)} = ([\log_2 l_g] + 1) + ([\log_2 W(G_2)] + 1) \text{ (біт)},$$

$$D_{(y_1)} = l_i + d_i = l(\Delta DC(t)) \text{ (біт)}.$$

Звідки, коефіцієнт стиснення для зображення стисненого розробленим методом, визначається за формулою

$$k_{ст} = M \times N \times b / \sum_{\xi=1}^{\eta} D_{\Sigma_{ст.т,\xi}} .$$

де $D_{m-1}^{(y)}$ – кількість розрядів на представлення вектору Y_{m-1} ; $D_{m-1}^{(g)}$ – кількість розрядів на представлення вектору G_{m-1} ; $D_{(y_1)}$ – кількість розрядів на представлення компоненти y_1 ; $D_{сл}$ – кількість розрядів на представлення службової складової трансформанти; D_m – необхідна кількість розрядів на представлення інформації о знаках компонент трансформанти; $D_w^{(y)}$ – кількість розрядів, відносно величини динамічного діапазону вектору Y_{m-1} ; $D_{ст.зобр.}$ – кількість розрядів необхідних на компактне представлення усього стиснутого зображення; $\eta = M \times N / z_1 \times z_2$ – кількість трансформант в зображенні; $D_{\Sigma_{ст.т,\xi}}$ – обсяг стиснутої ξ -ї трансформанти зображення; b – глибина оцифрування пікселю.

Співвідношення компресійних характеристик для різного ступеня насиченості в розробленому методі стиснення представлено на рис. 14 [8].

З аналізу рис. 14 слідує, що в залежності від ступеня насиченості та кроку квантування коефіцієнт стиснення приймає значення від 2,48 до 15,92 разів.

Залежність розподілу обсягів на представлення значимих субсмуг та масштабуючих компонент трансформант в залежності від ступеню насиченості, представлено на рис. 15.

Для слабонасичених та середньонасичених зображень найбільшу частину обсягу трансформанти склали значущі субсмуги до 66%, для сильна насичених зображень становлять масштабуючі компоненти до 58%.

Порівняльна оцінка розробленого методу стиску з методом JPEG для середньонасичених зображень, щодо коефіцієнта стиснення наводиться на рис.16.

З аналізу випливає, що залежно від ступеня насиченості зображень та кроку квантування отриманий вигравш за ступенем стиснення, складає від 5 до 20 % для зображень оброблених на базі розробленого методу.

При проведенні порівняльного аналізу, вигравш за часом передачі зображень розміром 2048×1080 , стиснутих розробленим методом по відношенню до метода JPEG, складає для швидкості передачі 256 Кбіт/с в середньому від 5 до 15 %, для 16 Мбіт/с - в середньому від 5 до 20%.

Розроблений метод стиснення, щодо стандарту JPEG, забезпечує скорочення кількості операцій на компресію зображення в середньому від 2 до 4 разів. Це досягається за рахунок скорочення кількості операцій складання/віднімання від 2,5 до 3 разів та операцій множення/ділення від 1,1 до 2 разів. При цьому відновлений образ зберігає високу якість насиченості деталями та переходами між фрагментами зображення.

Таким чином, для запропонованого методу стиску, заснованого на обробці компонентної структури трансформанти, досягається зниження

обсягів відеоданих та забезпечується підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних систем із заданою якістю відеосервісу.

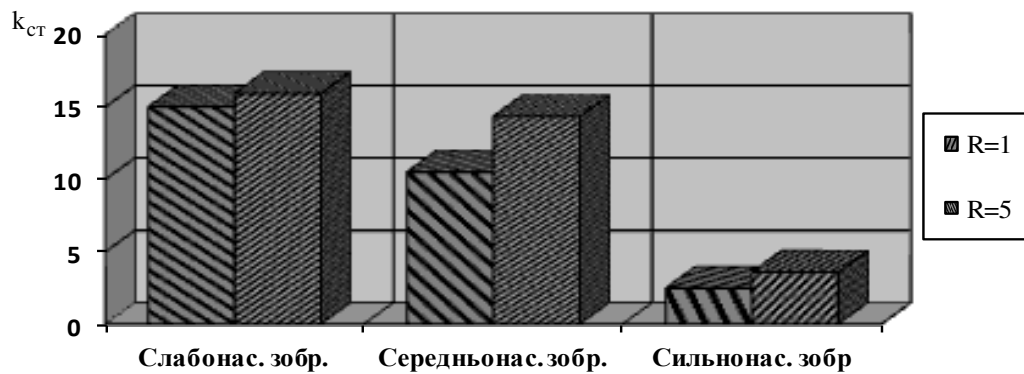


Рис.14. Зміна коефіцієнта стиснення для різних класів зображень при кроці квантування $R=1$ та $R=5$

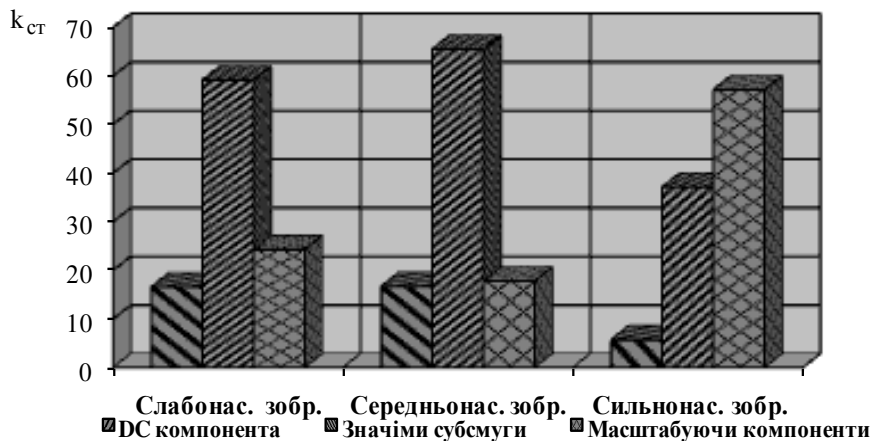


Рис.15. Процентне співвідношення кількості компонент трансформанти для різних класів зображень при кроці квантування $R=3$

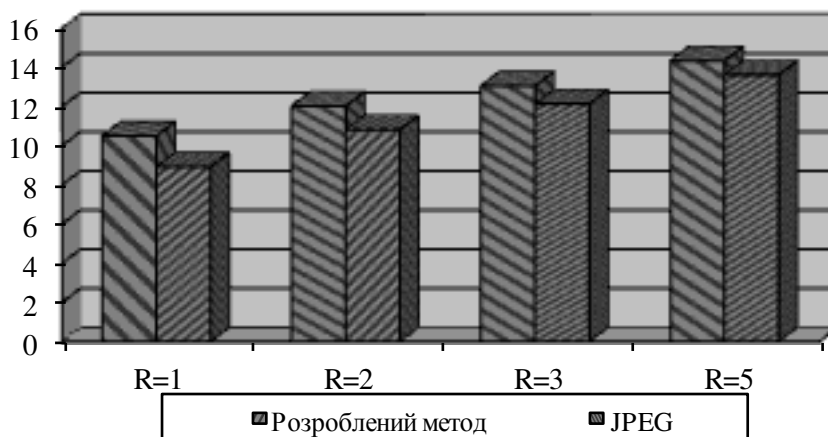


Рис.16. Співвідношення коефіцієнта стиснення розробленого методу та JPEG залежно від кроку квантування для середньоенасичених зображень

Висновки

Вирішено актуальну науково-прикладну задачу, яка полягає в зниженні обсягів відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інфокомунікаційних систем із заданою якістю відеосервісу. Розроблено метод стиснення трансформованих зображень на основі обробки послідовності значущих субсмуг неоднорідного спектру ДКП.

Основними науковими результатами є:

1. Підхід для побудови технології компресії зображень з використанням попередньої трансформації, який базується на:

1) формуванні двох складових трансформанти, а саме: вектору значущих субсмуг та вектору масштабуючих компонент.

2) опису вектору значущих субсмуг трансформанти у вигляді послідовності значень субсмуг з неоднорідними сусідніми елементами. Це дозволить адаптуватися до властивостей лінеаризованих трансформант за рахунок врахування: неоднорідності значень сусідніх субсмуг спектру ДКП; обмеженого діапазону субсмуг трансформанти.

2. Модель оцінки інформативності трансформант враховуючи нерівномірності розподілу діапазонів субсмуг. На основі чого обґрунтовано, що трансформанта має структурну надмірність.

3. Обґрунтування того, що у результаті кодування неоднорідного спектру ДКП скорочується структурна надмірність, яка викликана з одного боку когерентністю областей зображення, а з іншого боку – наявністю анізотропних властивостей зображення.

4. Метод кодування компонентної структури трансформанти який базується на формуванні кодового опису на базі побудови кодових конструкцій для послідовностей неоднорідних значень спектра ДКП.

5. Метод реконструкції вектору значущих субсмуг неоднорідного спектру ДКП, та вектору масштабуючих компонент трансформант.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

1. Отримала подальший розвиток модель оцінки інформативності трансформованих зображень. Відмінна особливість моделі полягає в тому, що кількість інформації, оцінюється на основі виявлення структурних закономірностей для вектора значущих субсмуг трансформанти, а саме виключення послідовностей, які містять однорідні сусідні субсмуги трансформанти. Це дозволяє оцінити граничні межі кількості надмірності, яка буде усуватись.

2. Створено метод стиснення трансформованих відеоданих на основі кодування їх компонентного опису. Відмінна риса методу полягає в кодуванні послідовності значущих субполос неоднорідного частотного спектра дискретного косинусного перетворення (ДКП). Це забезпечує підвищення продуктивності інфокомунікаційних систем щодо обробки та передачі відеоданих.

3. Отримала подальший розвиток технологія реконструкції трансформант, яка характеризується тим, що запропоновано враховувати її поділ на вектори значущих субсмуг та масштабуючих компонент. Це дає змогу відновлювати зображення з контрольованою якістю візуального сприйняття.

4. Вперше розроблено метод реконструкції зображень на основі зворотного трансформування, який відрізняється від відомих тим, що використовується декодування значень значущих субполос послідовності неоднорідного спектру ДКП за відомим кодом і основою. Це дає змогу отримати базову інформацію про вихідне зображення без внесення втрат інформації.

Література

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Баранник В.В. Кодирование значимых компонент трансформант / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос, А.В. Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 2 (57). – С. 32-35.
3. Кривонос В.Н. Метод компактного представления вектора масштабирующих компонент трансформант/ В.Н. Кривонос, Н.К. Гулак, М.В. Думанский // Сучасна спеціальна техніка, 2012. – № 3(30). – С. 28 – 33.
4. Кривонос В.М. Метод декодування вектора масштабованих компонент трансформанти / В.М. Кривонос // Наукоємні технології, 2012. – №3(15). – С. 90 – 93.
5. Кривонос В.М. Метод восстановления значимых компонент трансформант в технологии реконструкции видеoinформации / В.Н. Кривонос, А.В. Хаханова // Сучасна спеціальна техніка, 2013. – № 1(32). – С. 46 – 50.
6. Баранник В.В. Структурная модель информативности значимых компонент трансформант / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос, А.В. Хаханова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2013. – №2(99). – С. 26 - 29.
7. Баранник В.В. Технология реконструкции кадров видеoinформационного потока в телекоммуникационной сети / В.В. Баранник, В.Н. Кривонос // Захист інформації, 2013. – № 3. – С. 196 – 203.
8. Кривонос В.Н. Метод оценки вычислительной сложности обработки изображений с выявлением значимых компонент трансформант/ Бекиров А.Э., Думанский М.В // Сучасна спеціальна техніка, 2013. – № 3(34). – С. 40 – 44.
9. Barannik V.V. Coding Tangible Component of Transforms to Provide Accessibility and integrity of Video Data / V.V. Barannik, A.V. Hahanova, V.N. Krivonos // International Symposium ["IEEE East-West Design & Test"], (Kharkov, Ukraine, September 14 – 17, 2012) / Kharkov, 2012. – P. 475 – 478.
10. Barannik V. Method Encoding Videoinformation for Increase Avaiabiity in Informatively-Telecommunication Systems / V. Barannik, A. Hahanova, V. Krivonos // XIIth International Conference ["The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics"], (Lviv – Polyana, Ukraine, February 19 – 23, 2013) / Lviv – Polyana, 2013. – P. 23 – 24.