



ДИНАМІЧНЕ КОДУВАННЯ ТРАНСФОРМАНТ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ З УТОЧНЕННЯМ СИСТЕМИ ОСНОВ

В. Бараннік¹, С. Шульгін, Д. Бараннік, Р. Онищенко²

¹ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
проспект Незалежності, 6, Харків, 61000, Україна

² Харківський національний університет радіоелектроніки, проспект Науки, 14, Харків, 61166, Україна

Відповідальний за рукопис: Володимир Бараннік (e-mail: vvbar.off@gmail.com)

(Подано 29 жовтня 2022)

В цій статті створюється метод динамічного кодування послідовності відеосегментів на основі адаптивного оновлення системи основ структурно-позиційного базису. В цьому випадку обробка частини компонент проводиться за один прохід. Показано, що потрібно врахувати нові закономірності, які притаманні послідовності трансформованих сегментів. Стверджується, що усунення структурної надмірності створює умови для додаткового зменшення бітового об'єму. Обґрунтовано те, що збільшення обсягу цифрового подання стисненого відеозображення на величину рівну кількості розрядів, яке витрачається на матрицю маркерів компенсується зменшенням кількості розрядів на подання коду та скороченням кількості основ, що використовуються для його формування. Практична значимість полягає в тому, що створена технологія щодо методу, який реалізовано у форматах сімейства JPEG та JPEG2000, дозволяє додатково збільшити ступінь стиснення реалістичних відеозображень без внесення похибки та знизити час на їх обробку.

Ключові слова: стиснення відеосегментів, структурно-позиційне кодування, надмірність, цілісність інформації.

УДК 621.126

1. Вступ

Останнє десятиліття характеризується різким підвищенням відеоінформаційних потреб у різних галузях діяльності. Темпи зростання обсягів відеоінформаційних ресурсів на кілька порядків перевищують можливості інфокомунікаційних технологій щодо їх продуктивності. Тому важливим науково-технічним напрямком є вдосконалення цифрової обробки відеозображень [1–4]. Означений дисбаланс стає більш виразним у випадку передачі відеоінформаційного потоку з використанням бездротових інфокомунікаційних технологій. Прикладом тут може бути формування та доставка відеоінформації з бортових дистанційних комплексів. В цьому випадку підсилення дисбалансу зумовлюється обмеженими швидкістю передачі даних та обчислювальною продуктивністю бортових комплексів. Звідси наукова проблематика полягає зменшенні часових затримок відносно доставки

відеоданих з використанням інфокомунікаційних технологій в умовах забезпечення вимог щодо складності процесу обробки відеокадрів та рівня цілісності інформації.

2. Аналіз та постановка задачі

Аналіз різних підходів до створення сучасних стандартизованих технологій кодування відео-динамічних потоків дозволяє стверджувати про такі їхні недоліки [5–24]:

1. Підвищення швидкості зміни (швидкість зміни відеосцен (швидкість переміщення об'єктів) не менш ніж один–два кадри на секунду). Відповідно, відбувається динамічна зміна статистичних та структурних характеристик між відео сегментами в динамічному потоці. Це спонукає до того, що процеси скорочення надмірності стають неадекватними поточним структурно-семантичним та статистичним (ССС) особливостям відеосегментів. Звідси [5–8]:

- по-перше модель оцінювання інформативності, яка передбачається в стандартизованих технологіях, стає неадекватною реальним поточним структурно-семантичним та статистичним характеристикам змісту відеосегментів;

- по-друге, характеристики, які закладаються в процесі опису інформаційного стану відеосегментів, не дозволяють адаптуватися до динамічних змін ССС характеристик відеосегментів;

- по-третє, генерують велику кількість службових даних.

2. Дисбаланс між надміром різних типів, який усувається в просторі відеосегменту (трансформанти) та в міжсегментному просторі. Отже, для існуючих технологій кодування відеопотоку такий процес реалізується на основі застосування послідовної обробки. Наприклад, спочатку скорочується надмірність в міжсегментному (міжтрансформантному) просторі. Після чого відбувається зменшення надмірності в просторі окремих відеосегментів (трансформант). Тут існують недоліки [9–12]:

- скорочується надмірність, яка обумовлена врахуванням психовізуальних особливостей відеосегментів. Але в кожному випадку співвідношення між кількістю психовізуальної надмірності в різних напрямках (внутрішньому просторі або в часовому просторі) буде різним. Звідки порушення балансу між цілісністю відеодинамічного потоку та рівнем його бітової швидкості;

- існує дублювання щодо скорочення кількості надмірності, яка зумовлена характеристиками, що враховуються у процесі кодування за двома напрямками. Звідси виникає надмірна кількість обчислювальних операцій, яка не призводить до додаткового збільшення бітової швидкості кодового відеодинамічного потоку. Наприклад, шляхом представлення відеосегментів (трансформант) в диференційному просторі досягається скорочення частки статистичної надмірності у просторі відеосегментів. В той же час така надмірність враховується в процесі дискретного косинусного перетворення (ДКП).

3. Відсутня адекватна технологія обробки рухомих об'єктів у послідовності відеосегментів [13–15].

4. Має місце ефект накопичення спотворень, які виникають у процесі обробки послідовності відеосегментів. Найбільший деструктивний вплив такий ефект має у разі збільшення кількості відеосегментів, для яких здійснюється виявлення характеристик у просторі часу [16–18].

5. Зростання кількості бітових затрат на синтаксичне представлення службових відомостей, які формуються в процесі кодування відеодинамічних потоків, звідки виникає дисбаланс витрати переважної кількості біт у бік службових даних. Отже, частка службових даних в загальному кодованому потоці становить в бітовому еквіваленті в середньому від 30 до 70 %. Перевантаження в бік службових даних виникає у разі [19–21]:

- кодування відеосегментів (трансформант) з низьким рівнем статистичної, структурної та семантичної інформативності (СССІ);

- кодування в умовах квантування спектрального простору трансформант ДКП;

- кодування послідовності відеосегментів з наявністю ділянок стаціонарного фону.

6. Наявність критичної кількості арифметичних операцій, які потрібно виконати в умовах використання бортових обчислювальних комплексів. Стає виразним дисбаланс між кількістю машинних операцій, яку потрібно витратити на процес обробки відео-динамічного потоку та обмеженою продуктивністю бортових обчислювальних комплексів [22–24].

Варіант часткової локалізації або усунення наведених недоліків полягає у застосуванні технологій структурно-позиційного кодування (СПК) трансформованих відеозображень [25–30]. Такі технології дозволяють [25–27]:

- з одного боку – збільшити рівень стиснення відеокадрів в умовах їх високої інформативності;
- з іншого боку – генерується значна кількість службових даних.

Отже, це призводить до обмеження потенційних можливостей СПК-технологій відносно зменшення бітового об'єму відеоданих.

Крім того, існуючі концепції реалізації СПК-технологій потребують виконання двох проходів у процесі кодування даних [28–30]. Перший прохід пов'язано з виявленням структурних характеристик відеосегментів. Другий прохід передбачає формування мета рівня щодо побудови системи вагових коефіцієнтів.

Отже, мета досліджень статті полягає у розробці методу структурно-позиційного кодування потоку відеосегментів з динамічним оновленням системи службових даних в умовах забезпечення додаткового зменшення бітового об'єму.

3. Побудова підходу до стиснення відеозображень

Пропонується використовувати трансформовані макросегменти. Обробка проводиться по трансформованих відеосегментах в загальному випадку за двома напрямками. Базовою структурою є спектрально-діагональний простір трансформанти.

В результаті отримуємо двовимірний масив з розміром елементів Y_τ :

$$Y_\tau = \{y_{ij}^{(\tau)}\}, i = \overline{1, 128}, j = \overline{1, n}, Y = \bigcup_{\tau=1}^v Y_\tau,$$

де $y_{ij}^{(\tau)}$ – (i, j) -я компонента τ -ї трансформанти; τ – індекс трансформанти, що вказує на її позицію в макросегменті або в послідовності трансформант для різних відеокадрів употоці (номер черговості обробки).

Відповідно до особливостей позиційно-діагонального кодування трансформант Y_τ формується система Ψ_τ основ $\psi_{ij}^{(\tau)}$, тобто:

$$\Psi_\tau = \{\psi_{ij}^{(\tau)}\}, i = \overline{1, 128}; j = \overline{1, n}; \psi_{ij}^{(\tau)} > y_{ij}^{(\tau)}, \quad (1)$$

де $\psi_{ij}^{(\tau)}$ – основа (i, j) -го елемента τ -ї трансформанти.

Суть динамічного кодування послідовності трансформант (упросторі окремого відеокадру або/та в просторі послідовності відеокадрів). Динамічне кодування дозволяє не тільки зменшити кількість службових даних та кількість операцій, але ж додатково скоротити кількість надмірності за двома напрямками кодування.

Для зменшення обсягу службових даних пропонується формувати систему основ масиву $(\tau + 1)$ з обліком системи основ попереднього τ -го масиву. Для цього всі компоненти масиву $Y_{\tau+1}$ поділяються на два класи. Перший клас $Y_{\tau+1}^{(1)}$ містить компоненти, які належать до системи основ Ψ_τ попереднього масиву. В цьому випадку виконується умова (1):

$$Y_{\tau+1}^{(1)} = \{y_{ij}^{(\tau+1)} \mid \psi_{ij}^{(\tau)} > y_{ij}^{(\tau+1)}\}; i=\overline{1, 128}; j=\overline{1, n}, \quad (2)$$

де $y_{ij}^{(\tau+1)} - (i, j)$ -я компонента $(\tau + 1)$ -го масиву компонент трансформанти.

Для компонент, які належать до множини $Y_{\tau+1}^{(2)}$ другого класу, навпаки, умова (1) не виконується, тобто:

$$Y_{\tau+1}^{(2)} = \{y_{ij}^{(\tau+1)} \mid \psi_{ij}^{(\tau)} \leq y_{ij}^{(\tau+1)}\}; i=\overline{1, 128}; j=\overline{1, n}. \quad (3)$$

Тоді потрібно для компонент множини $Y_{\tau+1}^{(2)}$ формувати власну систему основ, для якої виконуватиметься нерівність:

$$\psi_{ij}^{(\tau+1)} > y_{ij}^{(\tau+1)}, \quad (4)$$

де $\psi_{ij}^{(\tau+1)}$ – основа (i, j) -го елемента $(\tau + 1)$ -го масиву компонент трансформанти.

Отже, для $(\tau + 1)$ -го масиву система $\Psi_{\tau+1}$ основ будуватиметься за дворівневим принципом. В математичному записі маємо:

$$\Psi_{\tau+1} = \Psi_{\tau+1}^{(1)} \cup \Psi_{\tau+1}^{(2)}, \quad (5)$$

де $\Psi_{\tau+1}^{(1)}, \Psi_{\tau+1}^{(2)}$ – множини основ, які відповідають першому та другому класам компонент масиву $Y_{\tau+1}$.

Можливий варіант розподілу компонент трансформанти на два класи наводиться на рис. 1.

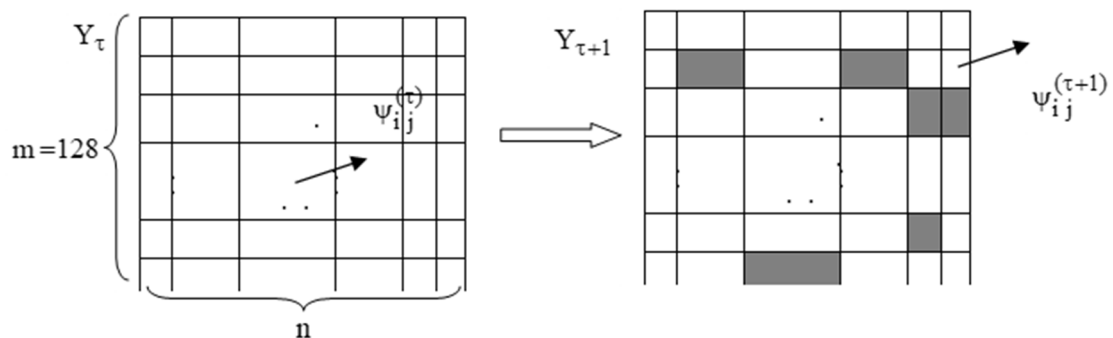


Рис. 1. Схема розподілу компонент трансформант

Отже, для зменшення кількості основ організується передача лише такої системи основ $\Psi_{\tau+1}^{(2)} = \{\psi_{ij}^{(\tau+1)}\}$, яка відрізняється від основ попереднього масиву. Причому, для послідовності масивів трансформанти може виконуватися умова:

$$\psi_{ij}^{(1)} < \psi_{ij}^{(2)} < \dots < \psi_{ij}^{(v)}.$$

Виходячи з того, що для кожного наступного масиву формується дворівнева система основ за принципом, що заданий виразами (1)–(5), то для компонент другого класу буде виконуватися нерівність:

$$\psi_{ij}^{(\tau)} \leq y_{ij}^{(\tau+1)} < \psi_{ij}^{(\tau+1)}. \quad (6)$$

Тому для зменшення об'єму W_k пропонується використовувати диференційне структурно-позиційне представлення компонент другої множини. Суть такої обробки полягає у поданні компонент другої множини у вигляді позиційного числа, що відповідає різниці систем основ. Накладається обмеження на динамічний діапазон компонент не тільки зверху $\psi_{ij}^{(\tau+1)}$, але також знизу $\psi_{ij}^{(\tau)}$.

Це дозволяє переходити до обробки компонент, що мають менші значення. Позиційне число в різнищевій системі задається такими виразами:

$$z_{ij}^{(\tau+1)} = y_{ij}^{(\tau+1)} - \psi_{ij}^{(\tau)}, z_{ij}^{(\tau+1)} < d_{ij}^{(\tau+1)} \quad (7)$$

де $z_{ij}^{(\tau+1)}$ – (i, j) -й елемент $(\tau + 1)$ -го диференційного структурно-позиційного числа; $d_{ij}^{(\tau+1)}$ – різнищева основа (i, j) -го елемента $(\tau + 1)$ -го другої множини компонент

$$d_{ij}^{(\tau+1)} = (\psi_{ij}^{(\tau+1)} - \psi_{ij}^{(\tau)}). \quad (8)$$

Відповідно до співвідношень (7) та (8) код $R_{\tau+1}$ диференційного структурно-позиційного числа обчислюється за формулою:

$$R_{\tau+1} = \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=1}^{n'} z_{ij}^{(\tau+1)} \rho_{ij}^{(\tau+1)}, \quad (9)$$

де $\rho_{ij}^{(\tau+1)}$ – ваговий коефіцієнт (i, j) -го елемента $(\tau + 1)$ -го диференційного структурно-позиційного числа.

Якщо обхід компонент масиву здійснюється в напрямку стовпців, то з урахуванням виразів (7), (8) отримуємо:

$$R_{\tau+1} = \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=1}^{n'} (y_{ij}^{(\tau+1)} - \psi_{ij}^{(\tau)}) \prod_{\xi=i+1}^{m'} (\psi_{\xi j}^{(\tau+1)} - \psi_{\xi j}^{(\tau)}) \times \prod_{\xi=i+1}^{m'} \prod_{u=1}^{n'} (\psi_{\xi u}^{(\tau+1)} - \psi_{\xi u}^{(\tau)}). \quad (10)$$

Значення коду-номера для диференційного структурно-позиційного числа зменшується порівняно зі значенням коду-номера абсолютного позиційного числа.

Для реалізації напрямків вирішення сформульованої проблеми необхідно розробити метод динамічного представлення трансформант у змішаній структурно-позиційній системі.

4. Створення методу динамічного стиснення трансформант у дворівневій системі основ

Щоб метод стиснення містив усі напрямки, що забезпечують вирішення поставленої проблеми, потрібно організувати виконання таких етапів.

Етап 1. Обробка першого масиву Y_1 компонент трансформанти, $\tau = 1$:

1) формується система основ Ψ_1 . Визначаються значення динамічних діапазонів $\lambda_i^{(1)}$ в рядках масиву Y_1 :

$$\lambda_i^{(1)} = \max_{1 \leq j \leq n} \{y_{ij}^{(1)}\} + 1, i = \overline{1, m}. \quad (11)$$

Обчислення значень динамічних діапазонів $\chi_j^{(1)}$ у стовпцях масиву Y_1 проводиться за формулою:

$$\chi_j^{(1)} = \max_{1 \leq i \leq m} \{y_{ij}^{(1)}\} + 1, j = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Тоді значення основ $\psi_{ij}^{(1)}$ елементів $y_{ij}^{(1)}$ будуть дорівнювати:

$$\psi_{ij}^{(1)} = \min(\lambda_i^{(1)}, \chi_j^{(1)}), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (13)$$

На відміну від систем основ наступних масивів для початкового масиву Y_1 буде відповідати однорівнева система основ:

$$\Psi_1 = \Psi_1^{(1)} = \{\psi_{ij}^{(1)}\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n};$$

2) будуються кодограми для першого масиву трансформант. Кожна кодограма містить інформацію про значення коду $N^{(\tau, \gamma)}$, яке для $\tau = 1$ визначається за формулою:

$$N^{(1,\gamma)} = \sum_{\theta=1}^{\Theta_{1,\gamma}} y_{\theta}^{(1,\gamma)} h_{\theta}^{(1,\gamma)}, \quad (14)$$

де γ – індекс структурно-позиційного числа; $N^{(\tau,\gamma)}$ – код γ -го структурно-позиційного числа побудованого для τ -го масиву компонент трансформанти; $y_{\theta}^{(1,\gamma)} - \theta$ -е значення γ -го структурно-позиційного числа для першого масиву трансформанти, тобто:

$$Y_{1,\gamma} \in Y_1, Y_{1,\gamma} = \{y_{\theta}^{(1,\gamma)}\}, \theta = \overline{1, \Theta_{1,\gamma}},$$

де $\Theta_{1,\gamma}$ – кількість елементів в γ -му структурно-позиційному числі першого масиву; $h_{\theta}^{(1,\gamma)}$ – ваговий коефіцієнт елемента $y_{\theta}^{(1,\gamma)}$.

Побудова структурно-позиційних чисел здійснюється на основі компонент трансформанти Y_1 у напрямку стовпців. Для того, щоб уникнути переповнення машинного слова, відбір компонент до структурно-позиційного числа проводиться на основі правила:

$$y_{ij}^{(1)} \in Y_{1,\gamma}, \text{ тобто } y_{\theta}^{(1,\gamma)} := y_{ij}^{(1)}, \text{ якщо } h_{\theta}^{(1,\gamma)} \leq 2^M - 1; \quad (15)$$

$$y_{ij}^{(1)} \notin Y_{1,\gamma}, \text{ тобто } y_{\theta}^{(1,\gamma)} \neq y_{ij}^{(1)}, \text{ якщо } h_{\theta}^{(1,\gamma)} > 2^M - 1. \quad (16)$$

Оскільки трансформанта Y_1 має структуру двовимірному масиву, то вираз (14) потрібно записати через значення компонент $y_{ij}^{(1)}$. Загальний випадок формування структурно-позиційного числа на основі частини масиву Y_1 розглядається на рис. 2.

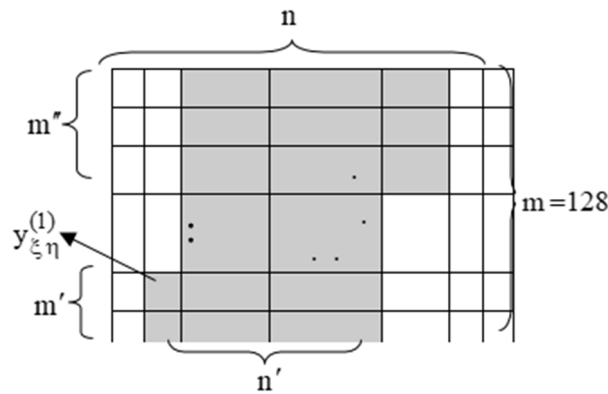


Рис. 2. Варіант форматування структурно-позиційного числа в масиві трансформанти

Тоді для початкової компоненти γ -го структурно-позиційного числа з координатами $(\xi; \eta)$ вираз (14) буде виглядати так:

$$N_{\Theta_{1,\gamma}}^{(1,\gamma)} = \sum_{i=\xi}^m y_{i\eta}^{(1,\gamma)} h_{i\eta}^{(1,\gamma)} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=\eta+1}^{n'} y_{ij}^{(1,\gamma)} h_{ij}^{(1,\gamma)} + \sum_{i=1}^{m''} y_{i, n'+1}^{(1,\gamma)} h_{i, n'+1}^{(1,\gamma)}, \quad (17)$$

де $N_{\Theta_{1,\gamma}}^{(1,\gamma)}$ – значення коду γ -го структурно-позиційного числа, яке містить $\Theta_{1,\gamma}$ компонент трансформанти Y_1 ; m' , m'' – кількість компонент відповідно у η -му та $(n'+1)$ -му стовпцях трансформанти; n' – ціла кількість стовпців, що входять до складу поліадичного числа; $h_{i\eta}^{(1,\gamma)}$, $h_{ij}^{(1,\gamma)}$, $h_{i, n'+1}^{(1,\gamma)}$ – величини вагових коефіцієнтів для трьох частин структурно-позиційного числа.

Як показано на рис. 2, кількість елементів $\Theta_{1,\gamma}$ буде дорівнювати:

$$\Theta_{1,\gamma} = m' + m * n' + m'' = (m - \xi) + m * n' + m''. \quad (18)$$

Обробка масиву Y_1 проводиться до тих пір, поки не буде проаналізовано компонента $y_{mn}^{(1)}$. На виході цього етапу утворюються послідовність кодограм, що містить значення кодів-номерів $N_{\Theta_{1,\gamma}}^{(1,\gamma)}$, $\gamma = \overline{1, v_\gamma}$ (v_γ – кількість структурно-позиційних чисел для масиву Y_1) та система основ $\{\lambda_i^{(1)}\}$, $i = \overline{1, m}$ $\{\chi_j^{(1)}\}$, $j = \overline{1, n}$.

Етап τ . Обробляється τ -й масив трансформанти. Особливість обробки масивів, які мають індекси $\tau > 1$, полягає в тому, що:

- в процесі побудови системи основ Ψ_τ враховується система основ $\Psi_{\tau-1}$ попереднього масиву (динамічна система основ);
- обчислення значень кодів проводиться з обліком формування двох типів структурно-позиційних кодів (змішана дворівнева система основ);
- для накопиченої кількості основ послідовності масивів формується кодограма їхнього компактного представлення.

Для того, щоб на приймальній стороні можна було визначити, до якого типу системи основ належить відновлювана компонента, вводиться двійкова матриця $G_{m,n}^{(\tau)}$ розмірністю $m \times n$ елементів, тобто:

$$G_{m,n}^{(\tau)} = \{g_{ij}^{(\tau)}\}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n},$$

де $g_{ij}^{(\tau)}$ – $(i; j)$ -й елемент матриці $G_{m,n}^{(\tau)}$, яка сформована для τ -го масиву трансформанти.

Елемент $g_{ij}^{(\tau)}$ приймає наступні значення:

$$g_{ij}^{(\tau)} = \begin{cases} 0, & \rightarrow y_{ij}^{(\tau)} \in Y_{\tau,\gamma}; \\ 1, & \rightarrow y_{ij}^{(\tau)} \in Z_{\tau,\gamma}. \end{cases} \quad (19)$$

При цьому, якщо матриця $G_{m,n}^{(\tau)}$ містить повністю нульовий стовпець $g_{ij}^{(\tau)} = 0$ для $i = \overline{1, m}$ або повністю нульовий рядок $g_{ij}^{(\tau)} = 0$ для $j = \overline{1, n}$, то значення відповідної основи у стовпці $\chi_j^{(\tau)}$ та у рядку $\lambda_i^{(\tau)}$ буде дорівнювати нульовому значенню: $\chi_j^{(\tau)} = 0$; $\lambda_i^{(\tau)} = 0$.

Це означає, що основи для відповідних компонент масиву трансформанти повністю замінюються основами попереднього $(\tau - 1)$ -го масиву. На приймальну сторону передаються основи, значення яких відмінні від 0. Тоді досягається зменшення кількості основ, необхідних для безпомилкового відновлення компонент трансформант на приймальній стороні.

Збільшення обсягу цифрового подання стисненого зображення на величину рівну кількості розрядів W_G , яке витрачається на матрицю $G_{m,n}^{(\tau)}$, компенсується зменшенням кількості розрядів на подання коду та скороченням кількості основ, що використовуються для його формування. Крім того, обробка частини компонент проводиться за один прохід (не потрібно попередньо обчислювати основи).

Подальше зменшення кількості основ другого рівня досягається за рахунок того, що для компонент $y_{ij}^{(\tau)}$, які мають значення ознаки $g_{ij}^{(\tau)} = 1$, будується окремий масив $Y_\tau^{(2)}$:

$$Y_\tau^{(2)} = \{y_{\xi u}^{(\tau,2)}\}, i = \overline{1, v_\xi}; j = \overline{1, n},$$

де $y_{\xi u}^{(\tau,2)}$ – $(\xi; u)$ -й елемент матриці $Y_\tau^{(2)}$.

Масив $Y_\tau^{(2)}$ утворюється шляхом виключення компонент $y_{ij}^{(\tau)}$, для яких значення ознаки дорівнює $g_{ij}^{(\tau)} = 0$, $y_{\xi u}^{(\tau,2)} = y_{ij}^{(\tau)} \mid g_{ij}^{(\tau)} = 1$.

Заповнення масиву $Y_\tau^{(2)}$ відбувається по рядках зліва направо. Отже, на $(\xi; u)$ -му кроці заповнення масиву $Y_\tau^{(2)}$ використовується таке правило:

- якщо $u < n$, то $y_{\xi, u+1}^{(\tau,2)} = y_{ij}^{(\tau)}$;
- якщо $u = n$, то $y_{\xi+1, u}^{(\tau,2)} = y_{ij}^{(\tau)}$.

Причому $v_g \leq m$, звідки розмір масиву $Y_\tau^{(2)}$ не буде перевищувати розмір початкового масиву Y_τ .

З урахуванням цих особливостей обчислення величин $\chi_j^{(\tau)}$ і $\lambda_i^{(\tau)}$ виконується тільки для елементів масиву $Y_\tau^{(2)}$, тобто:

$$\lambda_i^{(\tau)} = \max_{1 \leq j \leq n} \{y_{ij}^{(\tau)}\} + 1, \quad i = \overline{1, v_g}; \quad (20)$$

$$\chi_j^{(\tau)} = \max_{1 \leq i \leq v_g} \{y_{ij}^{(\tau)}\} + 1, \quad j = \overline{1, n}. \quad (21)$$

Відповідно до формул (20) і (21) на визначення величин $\chi_j^{(\tau)}$ та $\lambda_i^{(\tau)}$ потрібно витратити меншу кількість операцій порівняння, ніж для масиву Y_τ .

Використання матриці $G_{m,n}^{(\tau)}$ дозволяє враховувати ситуацію, коли значення основ поточного масиву набагато менше, ніж значення основ попереднього масиву. Для такого варіанту одночасно виконуються дві умови:

$$y_{ij}^{(\tau)} < \psi_{ij}^{(\tau-1)}; \quad \log_2 \psi_{ij}^{(\tau-1)} > 2 \log_2 (\min(\lambda_i^{(\tau)}, \chi_j^{(\tau)})). \quad (22)$$

Умова (22) вказує на те, що введення основи елемента $y_{ij}^{(\tau)}$ створює умови для зниження сумарної довжини кодограми (враховуються інформаційна та службова частини кодової комбінації).

Для врахування такої ситуації у матриці $G_{m,n}^{(\tau)}$ застосовується елемент $g_{ij}^{(\tau)}$, який має значення, що дорівнює 2. Така додаткова службова інформація забезпечить однозначне визначення типу обробки кожної компоненти масиву трансформанти.

Отже, розроблено метод, що забезпечує додаткове підвищення ступеня стиснення без внесення похибки з урахуванням обмежень на обчислювальну складність алгоритму.

Висновки

1. Розроблено метод стиснення зображень на основі динамічного представлення трансформант дискретного косинусного перетворення у дворівневому структурно-позиційному просторі.

Наукова новизна створених результатів полягає у тому, що вперше:

- для скорочення обсягу даних структурно-позиційна система основ будується за динамічним та дворівневим принципами;
- розробляється кодування на основі поєднання абсолютного та диференційного структурно-позиційного подання окремих частин трансформант.

Це дозволяє:

- зменшити кількість службових даних;

- знизити значення коду структурно-позиційного числа;
- проводити обробку компонент масиву трансформант за один прохід.

2. Практична значимість полягає в тому, що створена технологія щодо методу, який реалізовано у форматах сімейства JPEG та JPEG2000, дозволяє додатково збільшити ступінь стиснення реалістичних відеозображень без внесення похибки та знизити час на їхню обробку.

Список використаних джерел

- [1] Skodras A., Christopoulos C., and Ebrahimi T. "The jpeg 2000 still image compression standard", in *IEEE Signal processing magazine*, 2001. Vol. 18 (5). Pp. 36–58.
- [2] Kobayashi H. and Kiya H. *Bitstream-Based JPEG Image Encryption with File-Size Preserving*. In.: *IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*. Pp. 1–4. (2018). DOI: 10.1109/gcce.2018.8574605.
- [3] Belikova T. *Decoding Method of Information-Psychological Destructions in the Phonetic Space of Information Resources*. *Advanced Trends in Information Theory (ATIT): proceedings of the 2nd IEEE International Conference, 2020*. P. 87–91. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349300>.
- [4] *Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES)*. Federal Information Processing Standards Publication, 197. (2001).
- [5] Belikova T., Lekakh A., Dovbenko O., Dodukh O. *Method of Increasing the Capacity of Information Threat Detection Filters in Modern Information and Communication Systems*. *Advanced Information and Communications Technologies (AICT 2019): proceedings of the IEEE 3rd International Conference, 2019*. P. 426–429. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847754.
- [6] Barannik V. *Fast Coding of Irregular Binary Binomial Numbers with a Set Number of Units Series*. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020*. P. 72–76. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349356.
- [7] Rivest R. L., Shamir A., Adleman L. M. *A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems*. *Communications of the ACM*. 1978. Vol. 21. Iss. 2. P. 120–126. DOI: 10.1145/359340.359342.
- [8] Minemura K. and Moayed Z. and Wong K. and Qi X. and Tanaka K. *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size*. In.: *19th IEEE International Conference on Image Processing*. Pp. 261–264. (2012). DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.
- [9] Barannik D. *Stegano-Compression Coding in a Non-Equalible Positional Base*. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020*. P. 83–86. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349328.
- [10] Barannik V., Sidchenko S., Barannik N., Barannik V. *Development of the method for encoding service data in cryptocompression image representation systems*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie*. 2017. Vol. 3. No. 9 (111). P. 112 – 124.
- [11] *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size [Text]* / K. Minemura, Z. Moayed, K. Wong, X. Qi, K. Tanaka // *19 th IEEE International Conference on Image Processing*. 2012. P. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.
- [12] Barannik V., Belikova T., Gurzhii P. *The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents*. *Advanced Trends in Information Theory (ATIT 2019): proceedings of the IEEE International Conference, 2019*. P. 656–661. DOI: 10.1109/ATIT49449.2019.9030432.
- [13] Barannik V., Sidchenko S., Barannik N., Khimenko A. *The method of masking overhead compaction in video compression systems*, *Radioelectronic and Computer Systems*, 2021.No. 2. Pp. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.2.05>.
- [14] Barannik V., Jancarczyk D., Babenko Yu., Stepanko O., Nikodem J., Zawislak S. *A Model for Representing Significant Segments of a Video Image Based on Locally Positional Coding on a Structural Basis*. *Smart and Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IEEE IDAACS-SWS 2020): proceedings of IEEE 5nd International Symposium, 2020*. P. 1–5. DOI: 10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297068.

- [15] Kurihara K., Watanabe O., Kiya H. An encryption-then-compression system for JPEG XR standard. *Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB): proceedings of the IEEE International Symposium*, 2016. P. 1–5. DOI: 10.1109/BMSB.2016.7521997.
- [16] Zhou J., Liu X., Au O. C., Tang Y. Y. Designing an Efficient Image Encryption-Then-Compression System via Prediction Error Clustering and Random Permutation. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2014. Vol. 9.No. 1. P. 39–50. DOI: 10.1109/TIFS.2013.2291625.
- [17] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000 [Text]. – International Standard ISO/IEC 15444-8, ITU-T Recommendation T.807, 2007. 108 p.
- [18] Barannik V., Babenko Yu., Kulitsa O., Barannik V., Khimenko V., Matviichuk-Yudina O. Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of IEEE 2nd International Conference*, 2020. P. 52–56. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349256.
- [19] Barannik V.V., Barannik D., Podlesny S., Tarasenko D., Kulitsa O. The video stream encoding method in infocommunication systems. *IEEE 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET 2018)*, 2018. Pp. 538–541. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336259.
- [20] Barannik V., Barannik N., Khimenko V. Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. No. 4. Pp. 119–131. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [21] Minemura K., Moayed Z., Wong K., Qi X., Tanaka K. JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. *Image Processing: proceedings of the 19th IEEE International Conference*, 2012. P. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.
- [22] Barannik V., Barannik V., Havrylov D., Sorokun A. Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method. *Advanced Information and Communications Technologies (AICT'2019): proceedings of the 3rd International Conference*, 2019. P. 54–57. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847897.
- [23] Wong K. W. Image encryption using chaotic maps. *Intelligent Computing Based on Chaos*. 2009. Vol. 184. Pp. 333–354. DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4_16.
- [24] Barannik V., Shulgin S., Krasnorutsky A., Slobodyanyuk O., Gurzhii P., Korolyova N. Methodological Fundamentals of Deciphering Coding of Aerophotography Segments on Special Equipment of Unmanned Complex. *IEEE Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings IEEE 2nd International Conference*. 2020. P. 38–43. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349257.
- [25] Barannik V., Barannik N., Barannik D. Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020): proceedings of 15th IEEE International Conference*, 2020. P. 699–702. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522.
- [26] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000. International Standard ISO/IEC 15444-8; ITU-T Recommendation T.807, 108 p. (2007).
- [27] Barannik V.V., Karpenko S. Method of the 3D image processing. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (IEEE TCSET 2008): proceedings of IEEE International Conference*, 2008. P. 378–380.
- [28] Barannik V., Hahanova A., Slobodyanyuk A. Architectural presentation of isotopic levels of relief of images. *Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM): proceedings of IEEE 10th International Conference*, 2009. Pp. 385–387.
- [29] Єремєєв О. І. Комбінована метрика візуальної якості зображень дистанційного зондування на основі нейронної мережі [Текст] / О. І. Єремєєв, В. В. Лукін, К. Окарма // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2020. № 1. С. 4–15. DOI: 10.32620/reks.2020.4.01.
- [30] Barannik V., Barannik D. Binomial-Polyadic Binary Data Encoding by Quantity of Series of Ones. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020): proceedings of the 15th IEEE International Conference*, 2020. Pp. 775–780. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235540.

DYNAMIC ENCODING OF THE TRANSFORMER VIDEO IMAGES WITH REFINEMENT OF THE BASE SYSTEM

V. Barannik¹, S. Shulgin, D. Barannik, R. Onyshchenko²

¹ *V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Nezalezhnosti Avenue, Kharkiv, 61000, Ukraine*

² *Kharkiv National University of Radio Electronics, 14, Nauka Avenue, Kharkiv, 61166, Ukraine*

This article creates a method of dynamic encoding the sequence of video segments based on the adaptive update of the system fundamentals the structural positional basis. In this case, the processing of part of the components is carried out in one pass. It is shown that it is necessary to take into account new patterns that are inherent in the sequence of transformed segments. It is argued that the elimination of structural redundancy creates the conditions for additional reduction in the bit volume. It is substantiated that the increase in the volume of digital representation compressed video image by an amount equal to the number of digits spent on the marker matrix is compensated by a decrease in the number of digits for the presentation of the code and a reduction in the number bases used to form it. The practical significance lies in the fact that the technology created in relation to the method, which is implemented in the formats of the JPEG and JPEG2000 families, allows you to further increase the compression ratio of realistic video images without making an error and reduce the time for their processing.

Keywords: *video segment compression, structural positional coding, redundancy, information integrity.*