

DOI: 10.18372/2310-5461.62.18711
УДК 004.622: 517.927

В. В. Бараннік, д-р техн. наук, проф.
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна
orcid.org/0000-0002-2848-4524
e-mail: vvbar.off@gmail.com;

Д. В. Бараннік,
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-4235-300X
e-mail: d.v.barannik@gmail.com;

Р. С. Онищенко
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0002-2332-5196
e-mail: roman1990onishenko@gmail.com;

К. В. Ревва
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-2385-2786
e-mail: vvbar.off@gmail.com;

М. В. Бабенко канд. техн. наук, доцент,
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0002-2345-2881;
e-mail: mvbab@ukr.net

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УСІЧЕНО-ПОЗИЦІЙНОГО КОДУВАННЯ ДЛЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Вступ

Сучасний стан та подальший розвиток наукоємних інфокомунікаційних технологій визначає можливості щодо створення підґрунтя для реалізації питань з інформаційного забезпечення в різних державних сферах [1; 2]. Тут вкрай важливими є питання створення інформаційної підтримки процесів управління в критичній сфері державних інтересів. Взагалі такий напрямок базується на застосуванні комплексу заходів. Одним з впливових тут є – технології надання інформаційних сервісів, включно [3–6]:

- реєстрація та формування цифрованих інформаційних ресурсів [7; 8];
- фільтрація, та цифрова обробка, кодування інформаційних ресурсів [9; 10];
- підготовка до передачі та безпосередньо транспортування даних між користувачами [11; 12];
- зворотна обробка та формування інформації у сприйнятливому вигляді для її аналізу та прийняття рішень [13; 14].

В системі підтримки та прийняття рішень використовуються різні типи інформаційних ресурсів. Одним з ключових є відеоінформаційні ресурси. Це

зумовлено найбільшим рівнем інформативності, який можна отримати з одиниці бітового опису [15–17]. Для отримання відеоінформаційних ресурсів з врахуванням вимог щодо оперативності та достовірності отриманої інформації використовуються мобільні технологічні засоби. Найбільш затребуваним тут є бортові комплекси базування на роботизованих авіаційних платформах.

Однак такі комплекси мають певні ресурсні обмеження, в тому числі відносно: швидкості передачі, енергетичного потенціалу, ефективності управління. В той же час є певні вимоги щодо якості відеоінформаційних ресурсів. Тут розуміється їх повнота та цілісність [18; 19]. Така вимога приводить до значного зростання сегментованої роздрібно здатності відеоресурсів. Відповідно збільшуються вимоги щодо характеристик бортових інфокомунікаційних технологій. Звідси виникають протиріччя відносно вимог та можливостей бортових інфокомунікаційних технологій в системах надання відеоінформаційних сервісів для процесів управління критичною сферою держави [20–23]. Таке протиріччя має більше загострення в умовах активного протистояння, використання технологій та засобів збройної боротьби, кібернетичних атак. Отже існує

актуальна науково-прикладна проблема стосовно підвищення якості надання мобільних відеосервісів в системах управління критичною сферою держави.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для вирішення сформульованої науково-прикладної проблеми пропонується використовувати технології кодування відеоінформаційних ресурсів [24; 25]. Для розвитку технологій кодування запропоновано використовувати альтернативні підходи [26]. Це зумовлено потребою у додатковому збільшенні кількості надмірності, яка усувається в процесі стиснення, за умов зменшення її залежності від механізмів психовізуального кодування [27]. Один з таких напрямків стосується розробки та використання технологій усічено-позиційного кодування в процесі скорочення надмірності трансформованих відеосегментів. Основи означеного підходу викладено в працях [28–30].

В цьому випадку пропонується використовувати особливості комбінаторної топології трансформант. Тут враховуються залежності:

- обмеженого інтервалу спектрального діапазону;
- наявності різниці між суміжними компонентами діагоналі;
- виключення впливу низькочастотних спектральних областей на обмеженість спектрального діапазону в області високих частот трансформант.

Такий підхід створює умови для виключення кількості надмірності в умовах зменшення залежності від втрат цілісності сегментів відеозображень. Це визначає потенціальні характеристики усічено-позиційного кодування. Відповідно ґрунтується сенс щодо застосування такого кодування в загальній концепції побудови технологій обробки та передачі відеопослідовностей в інфокомунікаційних системах.

Постановка проблеми

Метод усічено-позиційного кодування має певні особливості, що значно відрізняються від базової технології, яка передбачається для стандартизованих процесів кодування. Відповідно оцінка ефективності усічено-позиційного кодування та аналіз впливу його параметрів на показники якості функціонування загального процесу обробки мають певний інтерес. Це дозволить додатково підвищити ефективність обраних підходів.

Тому потрібно створити методологію оцінювання ефективності створених підходів щодо кодування відеоінформаційних ресурсів. Звідки **метою дослідження статті** є розробка

методу оцінювання ефективності усічено-позиційного кодування трансформованих відеосегментів в бортових інфокомунікаційних системах.

Розробка інформативної моделі визначення приросту інформаційної щільності відеосегментів

Розглянемо створення системи співвідношень (методу) для знаходження коефіцієнту $\eta(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ інформаційної щільності сегменту $X(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ у разі використання створеного методу усічено-позиційного кодування трансформант в нерівномірно-діагональному форматі.

Для цього визначимо бітовий об'єм $D_x(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО відеосегменту. Для створеної технології кодування (СКТ) величина $D_x(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ залежить від:

- кількості біт $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, що витрачаються на синтаксичний опис $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ нерівномірних діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ трансформанти $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$. Тут $\xi = \overline{1, 2n-1}$;

- кількості біт $D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ на двійковий опис інформації $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$ щодо спектральних діапазонів компонент діагоналей трансформанти;
- кількості n інформативних діагоналей в трансформанті $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$.

Відповідно до особливостей СКТ бітовий об'єм $D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ компактного синтаксичного опису (КСО) окремої ξ -ї діагоналі складається наступними складовими:

$$D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} + D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}.$$

Звідси у разі наявності в трансформанті n інформативних діагоналей бітовий об'єм $D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО оцінюється за виразом:

$$\begin{aligned} D_x(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} &= \sum_{\xi=1}^n D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \\ &= \sum_{\xi=1}^n \left(D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} + D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \right). \end{aligned}$$

В даному виразі кодограма КСО діагоналі має інформативну (базову) та допоміжну складові.

Допоміжна складова формується сумарною кількістю біт $\sum_{\xi=2}^{2n-2} D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, яка витрачається на КСО сукупності $W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ неоднорідних

спектральних діапазонів для всіх діагоналей трансформанти, а саме:

$$W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \left\{ w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, 1)}; (w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, 2)}; \right. \\ \left. w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, 2)}); \dots; (w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}; \right. \\ \left. w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}); \dots; w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, 2n-1)} \right\}.$$

Послідовність $W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ визначає множини Ω_{pat} закономірностей (pattern), які встановлюються для діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, та враховуються в процесі обробки для скорочення надмірності й формування кодограми $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО трансформанти.

Інформативна частина формується синтаксичним описом кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ нерівномірних діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ в усичено-позиційному базисі. Кількість біт $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ на двійкове представлення кодового значення $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ визначається виразом:

$$D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \left[\log_2 V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \right] + \\ + \text{sign} \left(V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \bmod(2) \right).$$

Тут використовуються наступні позначення: $\text{sign}(\alpha - 1)$ - для фільтрації випадків коли $\xi \leq n$ та $\xi > n + 1$; $\alpha = \xi - n$ та $-\alpha = n - \xi$; $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ - χ -а компонента ξ -ї діагоналі трансформанти $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$;

2) виключення впливу спектральних діапазонів низькочастотних компонент на збільшення діапазону значень компонент у високо частотній

В цій формулі величина $V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є кількістю допустимих комбінаторних конфігурацій, які можна скласти з n_ξ компонент ξ -ї діагоналі на основі обліку обмежень та неоднорідності значень їх діапазонів $w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$.

Для створеного методу забезпечується врахування особливостей комбінаторної конфігурації трансформанти за її нерівномірно-діагональним форматом. При цьому досягається скорочення надмірності на основі врахування структурно-комбінаторних та психовізуально-комбінаторних залежностей в діагональному представленні трансформанти. Такі залежності в напрямку діагоналей трансформанти проявляються в наявності наступних характерних особливостей:

1) схильність значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком. Завдяки чому набирає схильності умова щодо нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти. Це для суміжних компонент $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ та $y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi+1}^{(\ell, \xi)}$ описується наступною системою виразів:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{\xi-\chi+2-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), (\chi-1)+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)) \neq \\ \neq Y_{\xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}, \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ Y_{(\chi-1)+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+2-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)) \neq \\ \neq Y_{\chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0. \end{array} \right. \quad (1)$$

області трансформанти. Звідси більш характерно окреслюються обмеження на значення $w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ спектральних діапазонів компонент $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$. З врахуванням умови (1) величина $w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ для χ -ї компоненти ξ -ї діагоналі знаходиться за наступною системою виразів:

$$w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} = 1 + \left\{ \begin{array}{l} \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \left\{ Y_{\xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} \right\} - \\ - \text{sign}(1-\chi), \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \left\{ Y_{\chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} \right\} - \\ - \text{sign}(1-\chi), \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

де $\text{sign}(1-\chi)$ - функціонал встановлення позиції першої компоненти діагоналі:

$$\text{sign}(1-\chi) = \begin{cases} 0, & \rightarrow \chi = 1; \\ 1, & \rightarrow \chi \geq 2. \end{cases}$$

В залежності від позиції χ компоненти в діагоналі маємо такі позначення для спектральних діапазонів: $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$ – спектральні діапазони відповідно для першої та інших компонент ξ -ї діагоналі трансформанти.

Для встановлених особливостей комбінаторних конфігурацій діагоналей трансформант кількість $V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ їх допустимих комбінаторних конфігурацій визначається формулою:

$$V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \begin{cases} \prod_{\chi=1}^{n_\xi} \left(\max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}, \chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))\} + \right. \\ \left. + 1 - \text{sign}(1-\chi) \right),, \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ \prod_{\chi=1}^{n_\xi} \left(\max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}, \xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))\} + \right. \\ \left. + 1 - \text{sign}(1-\chi) \right),, \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Отриманий вираз дозволяє знайти бітовий об'єм інформативної складової всієї трансформанти. Така величина визначається додаванням величин $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ за всіма синтаксичними описами $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ діагоналей ℓ -ї трансформанти, тобто $\xi=1, 2n-1$. Для ℓ -ї трансформанти в результаті застосування створеної ІКТ-кодування утворюється послідовність кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$:

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \{E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, 2)}, \dots; E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}, \dots; \\ \dots; E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, 2n-2)}\},$$

та відповідна до неї послідовність кодограм $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО діагоналей, тобто:

$$C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \{C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, 2)}, \dots; C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}, \dots; \\ \dots; C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, 2n-2)}\}.$$

Тоді загальна кількість біт $\sum_{\xi=1}^n D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$

на інформативну складову кодової конструкції КСО трансформанти $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ визначається формулою:

$$\eta(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \frac{I(n; b)}{\sum_{\xi=1}^n D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} + \sum_{\xi=1}^n \left(\left[\log_2 V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \right] + \text{sign}(V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \bmod(2)) \right)} \dots \quad (6)$$

Створена формула дозволяє оцінити рівень вагу кожного біту у складі КСО відеосегменту

$$V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} \prod_{\chi=2}^{n_\xi} w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} = \\ = w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} \cdot (w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)})^{n_\xi-1}.$$

Або з врахуванням співвідношення (2) для величини $w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ маємо:

$$\sum_{\xi=1}^n D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \sum_{\xi=1}^n \left(\left[\log_2 V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \right] + \right. \\ \left. + \text{sign}(V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \bmod(2)) \right). \quad (4)$$

З врахуванням співвідношень (1)–(4) бітовий об'єм $D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО відеосегменту на основі усічено-позиційного кодування його трансформанти за нерівномірно-діагональним форматом знаходиться за допомогою виразу:

$$D_x(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \sum_{\xi=1}^n D_y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \\ = \sum_{\xi=1}^n \left(D_w(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} + D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \right). \quad (5)$$

Дане співвідношення дозволяє оцінити бітовий об'єм $D_x(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ КСО відеосегменту $X(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ на основі створеної ІКТ-кодування (СТК), та відповідно значення коефіцієнту інформаційної щільності $\eta(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$. Для цього застосовуються вираз:

$$I(n; b) \quad (6)$$

з врахуванням використання СТК. Отже визначається кількість одиниць інформативної

ваги відеосегменту, яка укладається в один біт його КСО.

Отже створено співвідношення для знаходження коефіцієнту $\eta(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ інформаційної щільності для ℓ -го відеосегменту в умовах застосування СТК. Величина $\eta(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ відповідає ℓ -го сегменту (α, β) -го макросегменту τ -го відеокадру, тобто $\alpha = \overline{1, M/2n}$, $\beta = \overline{1, N/2n}$, $\ell = \overline{1, 4}$.

При цьому:

1) за результатами дискретного косинусного перетворення відеосегмент представляється в трансформованому вигляді;

2) враховуються особливості комбінаторної конфігурації трансформанти в процесі її усічено-позиційного кодування за нерівномірно-діагональним форматом.

Висновки

Розроблена інформативна модель для оцінювання бітового об'єму, яким вимірюється кількість (об'єм) інформації в діагоналях трансформанти на основі врахування особливостей її комбінаторної конфігурації за її нерівномірно-діагональним форматом шляхом усічено-позиційного кодування. При цьому враховується скорочення кількості надмірності на основі врахування структурно-комбінаторних та психовізуально-комбінаторних залежностей в діагональному представленні трансформанти. Такі залежності в напрямку діагоналей трансформанти проявляються в наявності наступних характерних особливостей:

- схильність значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком. Завдяки чому набирає схильності умова щодо нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти;

- виключення впливу спектральних діапазонів низькочастотних компонент на збільшення діапазону значень компонент у високо частотній області трансформанти. Звідси більш характерно окреслюються обмеження на значення спектральних діапазонів компонент діагоналей трансформанти.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Dworetzky E., Kaziakhmedov Ed., Fridrich J. Advancing the JPEG Compatibility Attack: Theory, Performance, Robustness, and Practice. *Proceedings of the 2023 ACM Workshop on Information Hiding and Multimedia Security*. 2023. pp. 67–79. doi:10.1145/3577163.3595090.
- [2] Odarchenko R., Gnatyuk S., Gnatyuk V., Abakumova A. Security key indicators assessment for modern cellular networks. *System Analysis & Intelligent Computing (SAIC): proceedings of the IEEE First International Conference*, 2018. P 1–7. doi: 10.1109/SAIC.2018.8516889.
- [3] João Ascenso, Elena Alshina, Touradj Ebrahimi. The JPEG AI Standard: Providing Efficient Human and Machine Visual Data Consumption. *IEEE MultiMedia*. 2023. vol 30, (Issue 1). doi: 10.1109/MMUL.2023.3245919.
- [4] Одарченко Р., Рябенко М., Іванова М., Аль-Мудхафар Акіл Абдулхусейн М. Метод аналізу взаємодії параметрів QOE та QOS на основі алгоритмів керування машинами. *Наукоємні технології*. 2022. № 4 (56). С. 305–316. DOI: doi: 10.18372/2310-5461.56.17130.
- [5] Thomas Abbott, Bevan Baas. A Scalable JPEG Encoder on a Many-Core Array. *2023 IEEE 16th International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc)*. 2023. pp. 411–418. doi: 10.1109/MCSoc60832.2023.00068.
- [6] Zia U., McCartney M., Scotney B. et al. Survey on image encryption techniques using chaotic maps in spatial, transform and spatiotemporal domains. *International Journal of Information Security*. 2022. Vol. 21. P. 917–935. doi: 10.1007/s10207-022-00588-5.
- [7] Козловський В., Толстікова О., Савченко А., Клобукова Л. Критерії вибору спектрально-ефективних сигналів у бездротових інформаційних мережах. *Наукоємні технології*. 2022. № 4 (56). С. 286–273. doi: 10.18372/2310-5461.56.17125.
- [8] Xiaolong Duan, Bin Li, Zhaoxia Yin, Xinpeng Zhang, Bin Luo. Robust image steganography against lossy JPEG compression based on embedding domain selection and adaptive error correction. *Expert Systems with Applications*. 2023. Vol. 229, Part A. doi: 10.1016/j.eswa.2023.120416.
- [9] Belikova T., Sidchenko S. The Method Drawing up the Text with the Set Suggestive Orientation to Create a Hidden Channel, *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, 2022, pp. 106–110, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024206.
- [10] Kolesnyk V., Berchanov A., Krasnorutsky A., Barannik V., Kharchenko N. and Malko O. Method of Structural-Statistical Coding of Video Segments in Spectral-Cluster Space. *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine. 2022, pp. 32–37, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024240.

- [11] Benjamin Bross, Ye-Kui Wang, Yan Ye, Shan Liu, Jianle Chen, Gary J. Sullivan, Jens-Rainer Ohm. Overview of the versatile video coding (VVC) standard and its applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. Oct. 2021. Vol. 31 (Issue 10). PP. 3736–3764. doi: 10.1109/TCSVT.2021.3101953.
- [12] Barannik V., Babenko Y., Barannik V., Khimenko A., Kulitsa O., Matviichuk-Yudina O. Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. *IEEE Advanced Trends in Information Theory (ATIT): proceedings of 2nd Intern. Conf.* (Kyiv, Ukraine, November 25–27, 2020). 2020. P. 52–56. doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349256.
- [13] Бараннік В. В., Цімура Ю. В., Гаврилов Д. С., Гуржій П. М., Колесник В. О. Метод адаптивного цілісного арифметичного кодування з врахуванням RLE-перетворення. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2023. № 3. С. 5–13. doi: 10.58254/viti.3.2023.01.05
- [14] Barannik V., Onyshchenko R., Krasnorutsky A. and Barannik D. The Methods of Intellectual Processing of Video Frames in Coding Systems in Progress Aeromonitor to Increase Efficiency and Semantic Integrity, *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine. 2022, pp. 53–56, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024208.
- [15] Bas P., Filler T. and Pevný T. Break our steganographic system – the ins and outs of organizing BOSS. In T. Filler, T. Pevný, A. Ker, and S. Craver, editors, *Information Hiding*, 13th International Conference. Vol. 6958 of Lecture Notes in Computer Science. Prague, Czech Republic, 2011. PP. 59–70. doi: 10.1007/978-3-642-24178-9_5.
- [16] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000. International Standard ISO/IEC 15444-8, ITU-T Recommendation T.807. 2007. 108 p.
- [17] Dahyun Kang, Piotr Koniusz, Minsu Cho, Naila Murray. Distilling Self-Supervised Vision Transformers for Weakly-Supervised Few-Shot Classification & Segmentation. 2023 IEEE/CVF Conference on *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2023. PP. 19627–19638. doi: 10.1109/CVPR52729.2023.01880.
- [18] Sullivan G. J., Ohm J.-R., Han W.-J. and Wiegand T. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2012. Vol. 22 (Issue. 12). PP. 1649–1668. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221191.
- [19] Barannik V., Babenko Y., Barannik V., Kolesnyk V., Zhuikov D. Method Taking into Account Level of Structural and Statistical Saturation of Video Segments in the Coding Process, *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine. 2022. PP. 66–71, doi: 10.1109/ATIT58178. 2022. 10024193.
- [20] Tsimura Yurii, Barannik Vladimir, Hurzhii Pavlo, Ustymenko Fedir, Barannik Dmitry, Manakov Volodymyr Method of selective video segment processing for intelligent video image quality enhancement technologies. *2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, Lviv, Ukraine. 2023. PP. 217–220, doi: 10.1109/AICT61584. 2023.10452422.
- [21] Barannik V. and Shiryayev A. Quadrature compression of images in polyadic space, *Proceedings of International Conference on Modern Problem of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*. 2012. PP. 422–422. INSPEC Accession Number: 12713484
- [22] Barannik V., Khimenko V., Barannik N. Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. №. 4. PP. 119–131. doi: 10.32620/reks.2021.4.
- [23] Barannik V., Karpenko S. Method of the 3-D image processing. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET): proceedings of Intern. Conf.* (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 19–23, 2008), Lviv-Slavsko, 2008. P. 378–380.
- [24] Barannik V., Krasnorutsky A., Kolesnik V., Barannik V., Pchel'nikov S., Zeleny P. Compression method in terms of ensuring the fidelity of video images in infocommunication networks. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2022. no 4(100). PP. 10–24. doi: 10.32620/reks.2022.5/09.
- [25] Barannik, V. *et al.* A Method of Scrambling for the System of Cryptocompression of Codograms Service Components. In: Klymash, M., Luntovskyy, A., Beshley, M., Melnyk, I., Schill, A. (eds) *Emerging Networking in the Digital Transformation Age. TCSET 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2023. vol 965. Springer, Switzerland, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-24963-1_26.
- [26] Цімура Ю. В., Юдін О. К., Коляденко Ю. Ю., Єрошенко В. П., Метод кодування фрагментів-контейнерів в спектрально-параметричному просторі. *Наукоємні технології*. 2024. № 1(61). С. 36–43. doi: 10.18372/2310-5461.61.18513.
- [27] Barannik, V. *et al.* Processing Marker Arrays of Clustered Transformants for Image Segments. In: Klymash, M., Luntovskyy, A., Beshley, M., Melnyk, I., Schill, A. (eds) *Emerging Networking in the Digital Transformation Age. TCSET 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2023. Vol 965. Springer, Switzerland, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-24963-1_25.

- [28] Barannik V., Shulgin S., Onyshchenko R., Kozlovskiy V., Belikova T., Ihnatiev O., Khlopiachyi V. Method of recurrent truncated-positional coding video segments in uneven diagonal space. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2023. No 2(102). PP. 129–142. doi: 10.32620/reks.2023.2.11.
- [29] Barannik V., Barannik N., Shulgin S. and Barannik V. Method of Coding Subbands of Non-Homogeneous Spectrum of Video Segments in Uneven Diagonal Space. 2022 *IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine. 2022. PP. 72–75, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024236.
- [30] Бараннік В. В., Ігнат'єв О., Шульгін С. С., Онищенко Р., Ушань В. Модель інформативного опису спектрального простору відеосегментів діагонально нерівномірною текстурою. *Наукоємні технології*. 2022. № 4 (56). С. 259–267. doi: 10.18372/2310-5461.56.17124.

Баранник В. В., Бараннік Д.В., Онищенко Р. С., Ревва К. В., Бабенко М. В., МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УСІЧЕНО-ПОЗИЦІЙНОГО КОДУВАННЯ ДЛЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В статті обґрунтовується потреба у подальшому розвитку наукоємних інфокомунікаційних технологій. Стверджується те, що край важливим питанням є створення інформаційної підтримки процесів управління в критичній сфері державних інтересів. Показано, що впливових тут є технології надання відеоінформаційних сервісів. При цьому для отримання відеоінформаційних ресурсів з врахуванням вимог щодо оперативності та достовірності інформації використовуються мобільні технологічні засоби. Однак такі комплекси мають певні ресурсні обмеження, в тому числі відносно : швидкості передачі, енергетичного потенціалу, ефективності управління. З іншого боку є певні вимоги щодо якості відеоінформаційних ресурсів. Тут розуміється їх повнота та цілісність. Відповідно збільшуються вимоги щодо характеристик бортових інфокомунікаційних технологій. Звідси виникають протиріччя відносно вимог та можливостей бортових інфокомунікаційних технологій в системах надання відеоінформаційних сервісів для процесів управління критичною сферою держави. Обґрунтовується напрямок вирішення науково-прикладної проблеми. Він стосується використовувати технології кодування відеоінформаційних ресурсів. Для розвитку технологій кодування запропоновано використовувати альтернативні підходи. Це зумовлено потребою у додатковому збільшенні кількості надмірності, яка усувається в процесі стиснення, за умов зменшення її залежності від механізмів психо-візуального кодування. Один з таких напрямків є розробка та використання технологій усічено-позиційного кодування в процесі скорочення надмірності трансформованих відеосегментів. В той же час потрібно створити методологію оцінювання ефективності створених підходів щодо кодування відеоінформаційних ресурсів. Розроблена інформативна модель для оцінювання бітового об'єму, яким вимірюється кількість (об'єм) інформації в діагоналях трансформанти на основі врахування особливостей її комбінаторної конфігурації за її нерівномірно-діагональним форматом шляхом усічено-позиційного кодування.

Ключові слова: бортові інфокомунікаційні технології, відеосегменти, стиснення, усічено-позиційне кодування, інформаційне ущільнення, динамічний потік відеосегментів.

Barannik V., Barannik D., Onyshchenko R., Revva K., Babenko M. METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF TRUNCATED-POSITIONAL CODING FOR INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

The article substantiates the need for further development of science-intensive infocommunication technologies. It is argued that the most important issue is the creation of information support for management processes in the critical sphere of state interests. It is shown that the technologies for providing video information services are influential here. At the same time, mobile technological means are used to obtain video information resources, taking into account the requirements for the efficiency and reliability of information. However, such complexes have certain resource limitations, including in relation to: transmission rate, energy potential, management efficiency. On the other hand, there are certain requirements for the quality of video information resources. Their completeness and integrity are understood here. Accordingly, the requirements for the characteristics of on-board infocommunication technologies are increasing. Hence, contradictions arise regarding the requirements and capabilities of on-board infocommunication technologies in the systems of providing video information services for the processes of managing the critical sphere of the state. The direction of solving the scientific and applied problem is substantiated. It refers to the use of technologies for encoding video information resources. For the development of coding technologies, it is proposed to use alternative approaches. This is due to the need for an additional increase in the amount of redundancy that is eliminated in the compression process, while reducing its dependence on the mechanisms of psychovisual coding.

One of these areas is the development and use of truncated positional coding technologies in the process of reducing the redundancy of transformed video segments. At the same time, it is necessary to create a methodology for evaluating the effectiveness of the created approaches to encoding video information resources. An informative model has been developed for estimating the bit volume, which measures the amount (volume) of information in the diagonals of the transformant based on taking into account the features of its combinatorial configuration according to its non-uniformly diagonal format by truncated-positional coding.

Keywords: on-board infocommunication technologies, video segments, compression, truncated positional coding, information compaction, dynamic flow of video segments.

Стаття надійшла до редакції 07.05.2024 р.
Прийнято до друку 12.06.2024 р.