

DOI: 10.18372/2310-5461.60.18272
УДК 004.622: 517.927(045)

Ю. В. Цімура

Військовий інститут телекомунікацій
та інформатизації імені Героїв Крут
orcid.org/0000-0002-6269-3821
e-mail: tsimur@ukr.net;

О. К. Юдін, д-р техн. наук., проф.

Кафедра кібербезпеки ННІ ІБ СК НА СБУ
orcid.org/0000-0002-6417-0768
e-mail: yudin.ok8@gmail.com;

О. Є. Мельников

Харківський національний
університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
orcid.org/0009-0007-3403-5147
e-mail: melnikoff1234@gmail.com;

Ю. Ю. Коляденко, д-р техн. наук., проф.

Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0002-0247-2736
e-mail: tsimur@ukr.net;

П. М. Гуржій

Військовий інститут телекомунікацій
та інформатизації імені Героїв Крут
orcid.org/0000-0001-0239-2950
e-mail: pavel.nik.563@gmail.com

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ СПЕКТРАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО ОПИСУ ТРАНСФОРМОВАНИХ ВІДЕОФРАГМЕНТІВ

Вступ

В сучасних умовах більший розвиток мають інфокомунікаційні технології, які використовують бездротовий принцип передачі даних. В тому числі такі технології використовуються для організації обміну інформацією з безпілотними платформами [1–3]. З одного боку це підвищує ефективність процесів інформування в системах підтримки та прийняття рішень. Це особливо стосується ситуацій, коли потрібно отримувати оперативну та достовірну інформацію в умовах збройної протидії. Водночас, з іншого боку, існують проблемні аспекти [4–8]. Вони продиктовані дисбалансом між певним рівнем інтенсивності інформаційного потоку, який потрібно передати з борта безпілотного комплексу, та рівнем пропускну здатності бортових телекомунікаційних засобів. Звідси існує **науково-прикладна проблема** щодо зменшення рівня інтенсивності відеоінформаційних потоків.

Для вирішення даної проблематики пропонується використовувати технології стиснення відеоінформаційних потоків.

Аналіз сучасних досліджень та постановка завдання

Сучасні методи стиснення відеоінформаційних потоків використовують платформи, які базуються на кодуванні трансформованих відеофрагментів (ВФР) [9–12]. Одним з апробованих напрямком тут є формування спектрально-параметричного опису трансформант. Прикладом такого підходу є побудова складових: вектора довжин спектральних субполос (ССП); вектора значущих рівнів ССП [13–16].

Розглянемо обробку компонент таких структурних складових. Між компонентами структурних складових є взаємозв'язок. По-перше, це зумовлено позиціями значущих компонент у трансформанті. Звідки для значущих компонент, що мають найбільші значення, буде відповідати більш коротка довжина ССП. По-друге, для значущих компонент у зв'язку з процесами трансформування та квантизації буде характерний нерівномірний закон розподілу значень. Найбільшу ймовірність появи будуть мати компоненти з

меншими значеннями. Такі властивості визначають етап обробки трансформанти, який полягає у побудові кодової конструкції для компонент структурних складових. Тут технології кодування поділяються на два підходи [17–20]:

1. Для першого підходу організується динамічне статичне кодування, де використовують контекстне моделювання. Контекстне моделювання необхідне адаптації закону розподілу ймовірностей появи компонент трансформанти. Такий підхід дозволяє знизити кількість біт, що витрачаються на інформаційну складову [21–24]. Але в той же час потрібні додаткові бітові витрати на подання службової складової, що містить інформацію про можливість розподілу компонент. Крім того, недолік такого підходу полягає у збільшенні часових затримок на обробку, пов'язаних із перерахуванням ймовірностей появи компонент.

2. Другий підхід пов'язаний із статистичним кодуванням із фіксованими таблицями (статична реалізація статистичного кодека). Це дозволяє скоротити затримку на обробку та бітові витрати на службову складову. Але з іншого боку знижується адаптованість статистичної моделі до змін структури та рівня інформативності трансформанти [25–27]. Це призводить до збільшення довжини коду інформаційної складової кодової конструкції.

Постановка проблеми

Отже, існуючі технології компресії зображень на базі JPEG-платформи не забезпечують необхідної оперативності доставки стиснутих відеопотоків для заданого рівня візуальної якості їх візуального сприйняття після декомпресії. Для подальшого розвитку технологій кодування пропонується використовувати технології виявлення структурно-топологічних обмежень. Такі приклади показано в працях [28–30]. Водночас потрібно адаптувати створені концептуальні підходи до обробки спектрально-параметричного опису трансформанти за двома її структурними складовими, а саме: вектором довжин ССП та їх значущим рівнем. Відповідно по-перше потрібно визначити потенційні спроможності означеного підходу щодо ефективності усунення кількості надмірності та зниження бітового об'єму відеозображень.

Тому **мета досліджень статті** полягає у розробці моделі оцінювання інформативності спектрально-параметричного опису трансформанти.

Створення моделі оцінювання інформативності спектрально-параметричного опису трансформанти

Розглянемо загальну архітектуру спектрально-параметричного опису трансформанти (СПОТ) Р. При цьому потрібно врахувати:

- одновимірний формат трансформанти двовимірного спектрального простору;
- двох-параметричну топологію архітектури трансформанти.

Одновимірна трансформанта представляється послідовністю локальних компонент loc_α (ЛКМ). Кожна така ЛКМ утворюється двома параметрами, тобто $loc_\alpha = \{\ell_\alpha; sign_\alpha\}$, для окремої спектральної полоси sb_α (ССП), або:

$$sb_\alpha = \{y_{\alpha,1}; \dots; y_{\alpha,\xi}; \dots; y_{\alpha,\ell_\alpha}\} \rightarrow loc_\alpha = \{\ell_\alpha; sign_\alpha\}, \quad (1)$$

де $y_{\alpha,\xi}$ - ξ -та компонента для α -ї ССП.

Отже, маємо:

- довжина ℓ_α спектральних субполос (ССП);
- значущий рівень $sign_\alpha$ спектральних субполос.

Кількість n_{sb} таких ЛКМ є змінною величиною. Величина n_{sb} для трансформанти залежить від рівня r_{inf} інформативності початкового відеофрагменту та стратегії F_{kvt} квантування спектрального простору. Звідси в загальному випадку маємо наступну функціональну залежність:

$$n_{sb} = fun(r_{inf}; F_{kvt}). \quad (2)$$

В цьому випадку СПОТ-трансформанти $Y^{(1)}$ складається двома компонентами:

- 1) вектор $L^{(1)}$ довжин ℓ_α спектральних субполос (ДСС)

$$L^{(1)} = \{\ell_1, \dots, \ell_\alpha, \dots, \ell_{n_{sb}}\};$$

- 2) вектор $S^{(1)}$ значущих рівнів $sign_\alpha$ спектральних субполос (ЗРСП)

$$S^{(1)} = \{sign_1, \dots, sign_\alpha, \dots, sign_{n_{sb}}\}.$$

Відповідно СПОТ-трансформанти $Y^{(1)}$ буде представлятись двовимірним масивом:

$$Y^{(1)} \rightarrow D = \{L^{(1)}; S^{(1)}\} \quad (3)$$

або

$$Y^{(1)} \rightarrow D = \begin{vmatrix} \ell_1 & sign_1 \\ \dots & \dots \\ \ell_\alpha & sign_\alpha \\ \dots & \dots \\ \ell_{n_{sb}} & sign_{n_{sb}} \end{vmatrix}.$$

Такий масив має змінні розміри, а саме $2 \times n_{sb}$, де $n_{sb} = var$.

Виходячи з фізичної інтерпретації СПОТ-трансформанти має наступні топологічні особли-

вості. На мета-рівні свого опису має неоднорідні властивості щодо:

1) представлення інформативно-структурних складових спектрального простору трансформанти. А саме: в напрямку стовпців – однорідні за структурним формуванням кількісні параметри СПОТ-трансформанти: вектор довжин спектральних полос визначає топологічну структуру (архітектуру) спектрального простору за його ССП; вектор значущих ЗРСП визначає розподіл рівнів інформативності спектрального простору за ССП;

2) впливу на збереження цілісності трансформанти та відео фрагменту.

Кожен з векторів $L^{(1)}$, $S^{(1)}$ СПОТ-трансформанти з позиції оцінювання інформативності характеризується кількістю n_{sb} елементів та діапазоном зміни їх значень, відповідно $diap(L^{(1)})$, $diap(S^{(1)})$. В подальшому величини $diap(L^{(1)})$ та $diap(S^{(1)})$ пропонується інтерпретувати, як поточні потужності відповідних мета-последовностей $L^{(1)}$, $S^{(1)}$ СПОТ.

Розглянемо оцінювання рівня інформативності трансформанти, яка представляється у вигляді спектрально-параметричного опису Р двома складовими $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Необхідно врахувати рівень $Id(L)$, $Id(S)$ невизначеності для кожної складової $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ СПОТ-трансформанти. При цьому потрібно обліковувати встановленні структурні обмеження на компоненти ℓ_α , $sign_\alpha$ таких складових.

Невизначеність $Id(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ складової СПОТ залежить від кількості $QT(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ допустимих станів, які вона може приймати, тобто:

$$Id(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D) = \log_2 QT(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D) \text{ (біт)}.$$

Визначення величини $QT(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ пропонується здійснювати з врахуванням представлення СПОТ двома складовими $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Тому спочатку встановимо кількість $QT(L)$, $QT(S)$ допустимих станів відповідних складових $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ СПОТ. Це зумовлено можливістю представлення кожної такої складової окремо одна від іншої.

При цьому в загальному випадку події виникнення спектральної субполоси (ССП), для якої довжина буде дорівнювати величині ℓ_α , а рівень $sign_\alpha$, є незалежними. Звідси поява конкретного

допустимого стану для вектора $L^{(1)}$ не впливає на появу стану вектору $S^{(1)}$. Отже це є незалежними подіями. Відповідно для кожного допустимого стану вектора $L^{(1)}$ можна обрати $QT(S)$ станів для вектора $S^{(1)}$.

Рівень інформативності або кількість інформації, яке міститься в трансформанті, у разі її спектрально-параметричного опису за складовими $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ визначається мінімальною кількістю $Id(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ біт, що потрібно для описання всіх станів СПОТ.

Тут нерівномірність розподілу рівня інформативності зумовлено різними значеннями параметрів ℓ_α , $sign_\alpha$ для α -ї ССП. Відповідно на це в загальному випадку впливають наступні фактори:

- інформативність відеосегменту, концентрація в ньому деталізуючи компонент та фонових (когерентних) областей;
- частотна область трансформанти: низько-частотна, середньо частотна та високочастотна;
- стратегія та параметри процесу квантування спектрального простору.

Важкої характеристикою ефективності представлення відео фрагментів, трансформант є мінімальний рівень кількості надмірності, що може бути усунена. Кількість надмірності та рівень інформативності (невизначеності) залежить від типу встановлення та процесу врахування обмежень для СПОТ. Далі будемо врахувати варіант встановлення обмежень на основі виявлення поточних потужностей $diap(L^{(1)})$, $diap(S^{(1)})$ алфавітів складових $L^{(1)}$, $S^{(1)}$ СПОТ. Відповідно можна оцінити кількість надмірності, яка усувається у разі $Rd(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ спектрально-параметричного опису для всієї СПОТ та в середньому $\overline{Rd}(loc)$ для її ЛКМ.

Кількість $Rd(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)$ надмірності в трансформанті у разі виявлення структурних обмежень в її СПОТ визначається за формулою:

$$Rd(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D) = \frac{Id(Y^{(1)}) - Id(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow D)}{Id(Y^{(1)})} \cdot 100\%$$

В цій формулі величина $Id(Y^{(1)})$ визначається, як рівень інформативності трансформанти $Y^{(1)}$ до формування її СПОТ. В загальному випадку величина $Id(Y^{(1)})$ залежить від кількості n^2 компонент в трансформанті та їх динамічного

діапазону d_y . Отже величину $Id(Y^{(1)})$ можна визначити за виразом:

$$Id(Y^{(1)}) = n^2 \cdot \log_2 d_y.$$

За аналізом даного співвідношення можна стверджувати, що кількість надмірності, яку можна скоротити, буде збільшуватись у разі:

- зменшення кількості n_{sb} спектральних субполос (ЛКМ СПОТ);

- зниження поточної потужності $diap(S^{(1)})$ алфавіту значущих компонент СПП.

Природа надмірності, кількість якої усувається, впливає з можливості обмежити кількість допустимих станів, в яких може перебувати СПОТ-трансформанти за двома її складовими: вектором довжин ССП; вектором значущих рівнів ССП. В свою чергу це впливає на зменшення рівня невизначеності опису трансформанти. Додатково на обмеження кількості станів СПОТ можуть впливати такі чинники:

- нерівномірні значення компонент у трансформанті відповідно до її частотних областей;

- рівень залишкової статистичної залежності між компонентами трансформанти;

- нерівномірність розподілу значень компонент трансформанти.

Відповідно означена надмірність трансформанти має статистичну та психовізуальну зумовленість [27–30]:

1. Психовізуальна надмірність викликана нечутливістю до певних аналогових особливостей опису відео фрагментів. Отже, знайдуться такі різні стани СПОТ, які візуально з позиції відео фрагменту будуть сприйматися однаково.

2. Ймовірно-статистична надмірність визначається різною ймовірністю появи деяких груп станів СПОТ. Це можна трактувати як безповоротну вибірку з елементів із різними значеннями специфікацій (кількість елементів одного виду). Класифікатор виду є значення поточної потужності алфавіту. Отже, поява надлишкових станів СПОТ має також статистичну інтерпретацію.

Також має певний інтерес визначення динамічної зміни кількості надмірності, яка усувається за окремими субполосами. Відповідно існує можливість знаходження середньої кількості надмірності, яка усувається в межах окремої sb_α ССП. Окрема ССП представляє собою послідовність компонент одновимірного опису трансформанти, тобто $loc_\alpha: sb_\alpha = \{y_{\alpha,1}; \dots; y_{\alpha,\xi}; \dots; y_{\alpha,\ell_\alpha}\}$. Рівень інформативності α -ї ССП залежить від її довжини ℓ_α та величини d_y . Звідси маємо:

$$Id(sb_\alpha) = \ell_\alpha \cdot \log_2 d_y.$$

Зрозуміло, що величина ℓ_α є нерівномірною, тобто довжина ССП змінюється в межах трансформанти. Тоді пропонується використовувати середнє значення $\bar{\ell}$ довжини ССП за всією трансформантою:

$$\bar{\ell} = \frac{n_{sb} \ell_\alpha}{n_{sb}}.$$

Тоді середній рівень інформативності ССП для трансформанти визначається наступним чином:

$$Id(sb_\alpha) = \bar{\ell} \cdot \log_2 d_y.$$

Враховуючи це, знаходимо усереднену кількість $\overline{Rd}(loc)$ надмірності, яка усувається за окремою ЛКМ, а саме:

$$\overline{Rd}(loc) = \frac{Id(sb_\alpha) - \overline{Id}(loc)}{Id(sb_\alpha)} \cdot 100\%.$$

Звідси слідує те, що $\overline{Rd}(loc) \gg 0$.

Висновки

1. Розроблено модель оцінювання інформативності трансформанти, яка представляється в спектрально-параметричному описі за двома складовими: вектором довжин ССП; вектором значущих рівнів ССП. В цьому випадку враховується обмежена кількість допустимих станів СПОТ на основі обліку поточної потужності алфавітів її двох структурних складових.

2. Обґрунтовано, що в результаті встановленні обмежень на компоненти структурних складових СПОТ створюються умови для скорочення кількості надмірності. Показано, що кількість надмірності, яку можна скоротити, буде збільшуватись у разі: зменшення кількості спектральних субполос (ЛКМ СПОТ); зниження поточної потужності алфавіту значущих компонент СПП. Природа надмірності, кількість якої усувається, впливає з можливості обмежити кількість допустимих станів, в яких може перебувати СПОТ-трансформанти за двома її складовими: вектором довжин ССП; вектором значущих рівнів ССП. В свою чергу це впливає на зменшення рівня невизначеності опису трансформанти.

3. Показано, що середня кількість надмірності, що потенційно скорочується, припадає на одну субполосу СПОТ змінюється в межах від 25 до 55 % в залежності від ступеня інформативності відео фрагменту.

Отже, запропонований підхід щодо структурного опису трансформанти має значні потенційні

характеристики щодо усунення кількості надмірності та зменшення бітового об'єму відео фрагменту.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Одарченко Р., Іванова М., Рябенко 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: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17130>.
- [2] Козловський В., Савченко А., Толстікова О., Клобукова Л. Критерії вибору спектрально-ефективних сигналів у бездротових інформаційних мережах. *Наукоємні технології*. 2022. № 4 (56). С. 286–273. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17125>.
- [3] Odarchenko R., Gnatyuk V., Gnatyuk S., 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. <https://doi.org/10.1109/SAIC.2018.8516889>.
- [4] Бараннік В. В., Бабенко Ю. М., Бараннік В. В., Колесник В. О. Метод кодування значимих за впливом на семантичну цілісність відеосегментів для забезпечення доступності. *Наукоємні технології*. 2022. № 2 (54). С. 118–126. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.54.16749>.
- [5] Huang, S.-Y. XOR-Based Meaningful (n, n) Visual Multi-Secrets Sharing Schemes [Text] / S.-Y. Huang, A.-h. Lo, J.S.-T. Juan. *Applied Sciences, MDPI*. 2022. Vol. 12, iss. 20. Id. 10368. P. 1–22. DOI: 10.3390/app122010368.
- [6] Latif, A. A Novel Image Encryption Scheme Based on Reversible Cellular Automata [Text] / A. Latif, Z. Mehrnahad. *Journal of Electronic & Information Systems*. 2019. Vol. 1, iss. 1. P. 18–25. DOI: 10.30564/jeisr.v1i1.1078.
- [7] Survey on image encryption techniques using chaotic maps in spatial, transform and spatiotemporal domains [Text] / U. Zia, M. McCartney, B. Scotney et al. *International Journal of Information Security*. 2022. Vol. 21. P. 917–935. DOI: 10.1007/s10207-022-00588-5.
- [8] Content and Privacy Protection in JPEG Images by Reversible Visual Transformation [Text] / X. Cao, Y. Huang, H.-T. Wu, Y.-m. Cheung. *Applied Sciences, MDPI*. 2020. Vol. 10, iss. 19. Id. 6776. P. 1–12. DOI: 10.3390/app10196776.
- [9] T. Belikova and S. Sidchenko, "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)*, Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 106–110, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024206.
- [10] В. Бараннік, С. Шульгін, О. Ігнат'єв, Р. Онищенко, Ю. Бабенко, В. Бараннік Концепція функціональних перетворень для формування синтаксичного опису діагоналей трансформанти. *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*. 2023. Вип. 3. № 1. С. 24–34.
- [11] Valerii Barannik, "Technology of Structural-Binomial Coding to Increase the Efficiency of the Functioning of Computer Systems," *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 96–100, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024205.
- [12] Chen T.-H., Wu Ch.-S. Efficient multi-secret image sharing based on Boolean operation. *Signal Processing*. 2011. Vol. 91, Iss. 1. P. 90–97. DOI: 10.1016/j.sigpro.2010.06.012.
- [13] R. Onyshchenko, D. Barannik, A. Krasnorutsky, and V. Barannik, "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.
- [14] В. Бараннік, С. Шульгін, Д. Бараннік, Р. Онищенко Динамічне кодування трансформант відеозображень з уточненням системи основ. *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*. 2022. Вип. 2. № 2. С. 22–32.
- [15] A. Berchanov, A. Krasnorutsky, V. Kolesnyk, V. Barannik, N. Kharchenko and O. Malko, "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.
- [16] Бараннік В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Ревва К. В., Ігнат'єв О. О. Метод формування інформативно-позиційної ваги для усичено-позиційної кодової системи представлення трансформованих відеосегментів. *Наукоємні технології*. 2023. № 2. С. 34–45.
- [17] Hsu W.-L., Tsai Ch.-L., Chen Ch.-J., Multi-morphological image data hiding based on the application of Rubik's cubic algorithm. *Carnahan Conference on Security Technology (CCST): proceedings of the IEEE International Conference*. 2012. P. 135–139. DOI: 10.1109/CCST.2012.6393548.
- [18] R. Onyshchenko, O. Slobodyanyuk, A. Krasnorutsky, V. Bezruk, V. Kolesnyk and S. Podlesny, "Approach to Coding with Improved Integrity of Video Information for Transmission in Wireless Infocommunication Networks," *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 38–42, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024245.
- [19] 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.

- [20] Qi X., Minemura K., Moayed Z., Wong K., Tanaka K. JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. *Image Processing: proceedings of the 19th IEEE International Conference*, 2012. P. 261–264. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2012.6466845>.
- [21] Бараннік В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Ігнат'єв О. О. Методологія кодування трансформованих відеосегментів в усічено-позиційному просторі. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*, Серія: Технічні науки. 2023. Том 34 (73). № 1. С 38–42.
- [22] Barannik V., Khimenko V., Barannik N., Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. №. 4. P. 119–131. <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [23] Шульгін С. Технологія кодування трансформованих відеосегментів в нерівноваговому діагонально-позиційному просторі. *Наукоємні технології*. 2022. № 2(54)ю С. 147–154.
- [24] Шульгін С. Метод динамічного кодування сегментів відео потоку шляхом з'ясування структурних змін у нерівноваговому діагонально-позиційному просторі. *Наукоємні технології*. 2022. № 3(55). С. 238–243.
- [25] V. Barannik, S. Shulgin, D. Barannik and Y. Sidchenko, "Quadrature Compression Technology in Two-Level Polyadic Space for Infocommunication Systems," *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 84–87, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024217.
- [26] V. Barannik, N. Barannik S. Shulgin, and V. Barannik, "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.
- [27] Barannik, V. et al. (2023). 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, vol 965. Springer, Switzerland, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_25.
- [28] S. Shulgin, N. Barannik, V. Barannik, "Dynamic Coding Method of Video Segments Stream by Specifying Structural Changes," *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 76–79, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024179.
- [29] Шульгін С. С., Бараннік В. В., Онищенко Р., Ушань В., Ігнат'єв О. Модель інформативного опису спектрального простору відеосегментів діагонально нерівномірною текстурою. *Наукоємні технології*. 2022. № 4 (56). С. 259–267. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17124>.
- [30] Vladimir Barannik, Sergii Shulgin, Roman Onyshchenko, Valerii Kozlovskiy, Tatyana Belikova, Oleksandr Ihnatiev, Viacheslav Khlopiachyi Method of recurrent truncated-positional coding video segments in uneven diagonal space. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2023. no 2(102). pp. 129–142. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2023.2.11>.

Цімура Ю. В., Юдін О. К., Коляденко Ю. Ю., Мельников О. Є., Гуржій П. М. МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ СПЕКТРАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО ОПISУ ТРАНСФОРМОВАНИХ ВІДЕОФРАГМЕНТІВ

В статті обґрунтовано, що в сучасних умовах більший розвиток мають інфокомунікаційні технології, які використовують бездротовий принцип передачі даних. Показано підходи щодо застосування таких технологій для організації обміну інформацією з безпілотними платформами. Це підвищує ефективність процесів інформування в системах підтримки та прийняття рішень. Водночас в статті стверджується наявність проблемних аспектів. Вони продиктовані дисбалансом між певним рівнем інтенсивності інформаційного потоку, який потрібно передати з борта безпілотного комплексу, та рівнем пропускнуої спроможності бортових телекомунікаційних засобів. Для вирішення даної проблематики в статті ґрунтовно пропонується використовувати технології стиснення відеоінформаційних потоків. Проводиться дослідження сучасних методів стиснення відеоінформаційних потоків. Показано, що вони використовують платформи, які базуються на кодування трансформованих відео фрагментів (ВФР). Одним з апробованих напрямком тут є формування спектрально-параметричного опису трансформант. Прикладом такого підходу є побудова двох структурних складових: вектор довжин спектральних полос та вектор їх значущих рівнів. Однак, існуючі технології компресії зображень на базі JPEG-платформи не забезпечують необхідної оперативності доставки стиснутих відеопотоків для заданого рівня візуальної якості їх візуального сприйняття після декомпресії. Розроблено модель оцінювання інформативності трансформанти, яка представляється в спектрально-параметричному описі за двома складовими: вектором довжин ССП; вектором значущих рівнів ССП. В цьому випадку враховується обмежена кількість допустимих станів СПОТ на основі обліку поточної потужності алфавітів її двох структурних складових. Обґрунтовано, що в результаті встановленні обмежень на компоненти структурних складових СПОТ створюються умови для скорочення кількості надмірності. Показано, що кількість надмірності, яку

можна скоротити, буде збільшуватись у разі : зменшення кількості спектральних субполос; зниження поточної потужності алфавіту значущих компонент СПП.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, відео фрагмент, трансформанта, спектрально-параметричний опис трансформанти, кодування відеоданих.

Tsimura Yu., Yudin O., Melnykov O., Koliadenko Yu., Hurzhii P.
MODEL FOR EVALUATING THE INFORMATIVENESS OF SPECTRAL-PARAMETRIC DESCRIPTION OF TRANSFORMED VIDEO FRAGMENTS

The article substantiates that in modern conditions infocommunication technologies that use the wireless principle of data transmission are more developed. Approaches to the use of such technologies for the organization of information exchange with unmanned platforms are shown. This increases the efficiency of information processes in support and decision-making systems. At the same time, the article asserts the presence of problematic aspects. They are dictated by an imbalance between a certain level of intensity of the information flow that needs to be transmitted from the unmanned system and the level of throughput of on-board telecommunications facilities. To solve this problem, the article thoroughly proposes to use technologies for compressing video information flows. A study of modern methods of compression of video information streams is carried out. It is shown that they use platforms that are based on the encoding of transformed video fragments (VFR). One of the tested directions here is the formation of a spectral-parametric description of transformants. An example of such an approach is the construction of two structural components: the vector of the lengths of spectral bands and the vector of their significant levels. However, existing image compression technologies based on the JPEG platform do not provide the necessary efficiency of delivery of compressed video streams for a given level of visual quality of their visual perception after decompression. A model for estimating the informativeness of the transformer has been developed, which is presented in the spectral-parametric description by two components: the vector of the length of the SSB; vector of significant levels of the SSB. In this case, a limited number of permissible states of the SPT is taken into account on the basis of taking into account the current power of the alphabets of its two structural components. It is substantiated that as a result of the establishment of restrictions on the components of the structural components of SPT, conditions are created to reduce the amount of redundancy. It is shown that the amount of redundancy that can be reduced will increase in the case of: a decrease in the number of spectral subbands; decrease in the current power of the alphabet of significant components of the SSB.

Keywords: unmanned aerial system, video fragment, transformant, spectral-parametric description of the transformer, video data encoding.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2023 р.
Прийнято до друку 19.12.2023 р.