

DOI: 10.18372/2310-5461.61.18513

УДК 004.622: 517.927

О. К. Юдін, доктор. техн. наук., проф.Навчально-науковий інститут інформаційної безпеки
та стратегічних комунікацій Служби безпеки України

orcid.org/0000-0002-6417-0768

e-mail: yudin.ok8@gmail.com;

Ю. Ю. Коляденко, доктор. техн. наук., проф.

Харківський національний університет радіоелектроніки

orcid.org/0000-0002-0247-2736

e-mail: koliadenko@ukr.net;

Ю. В. Цімура

Військовий інститут телекомунікацій

та інформатизації імені Героїв Крут

orcid.org/0000-0002-6269-3821

e-mail: tsimur@ukr.net;

В. П. Єрошенко, кандидат техн. наук,

Харківський національний університет

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

orcid.org/0000-0003-3175-6444

e-mail: wpEroshenko59@gmail.com

МЕТОД КОДУВАННЯ ФРАГМЕНТІВ-КОНТЕЙНЕРІВ В СПЕКТРАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧНОМУ ПРОСТОРИ

Вступ

Тренд у розвитку інформаційних технологій переробки, кодування та передачі даних відмічається зростанням популярності бездротових інфокомунікаційних систем та мереж [1; 2]. В сучасних умовах такі технології застосовуються для організації інформаційного забезпечення з використанням безпілотних комплексів наземного та повітряного базування (БПАКМ) [3; 4]. Це створює умови для організації процесів управління в кризових умовах. Безумовно підтримуючи актуальність та значимість такого підходу до інформатизації різних ланок та центрів прийняття рішень [5; 6]. В тому числі значимість такого застосування має місце в інтересах профільних міністерств, [7]. Особливо таке потрібно враховувати для умов воєнного стану.

Якісні характеристики комплексів БПАКМ визначаються можливостями щодо забезпечення заданих показників відносно обробки, кодування, приховування та передачі інформації на відстані від наземних пунктів [8–12]. Важливою характеристикою тут є загальна продуктивність функціонування бездротових телекомунікаційних систем. Основними складовими продуктивності є часові витрати на кодування фрагментів контейнерів, стеганографічне вбудовування інформації, передачу інформації та її достовірність

в умовах захисту від несанкціонованого доступу [13–17].

Практичні дослідження процесів обробки, приховування інформації та її передачі показали, що з врахуванням рівня продуктивності сучасних систем передачі даних, виникають втрати рівня доступності, достовірності та конфіденційності інформації [18; 19]. Значну роль тут відіграє часова затримка на передачі інформації. Звичайно, що звідси слідує виникнення колізій. Варіантом усунення таких колізій є зменшення бітового об'єму даних, що формуються в системі БПАКМ. Найбільш вагомим типом даних, які використовуються в системі БПАКМ для інформатизації управління є відеопослідовності [20–22]. Тому потрібно приділяти увагу вдосконаленню методів стиснення відеоданих в умовах, коли вони також є контейнерами для вкладання інформації, що є конфіденційною [23–25].

Таким чином, скорочення об'ємів відеопослідовностей-контейнерів для збільшення якісних показників продуктивності бездротових телекомунікаційних систем, є важливим *науково-прикладним завданням*.

Аналіз сучасних досліджень та постановка завдання

В процесі вдосконалення методів стиснення відеоданих потрібно зважати на те, що:

- існують області когерентності з окресленими особливостями візуальної оцінки;
- існують області зображень, які є більш привабливими для стеганографічного вкладання інформації;
- існують області зображень з просторовою статистичною надмірністю.

Тому потрібно для таких областей зображень організувати процеси стиснення в структурно-параметричному просторі [26–30]. Такі перетворення супроводжуються формуванням векторів довжин $\ell(t; \delta)_\alpha$ та значимих $sign(t; \delta)_\alpha$ компонент локальних когерентностей (ЛКГ) [28–30]. Але обробка таких компонент ЛКГ для вказаних областей організується без обліку їх особливостей в напрямку наявності локальних статистичних властивостей [25; 30].

Постановка проблеми

Поставлене завдання пропонується вирішувати в напрямку вдосконалення методів кодування відео-фрагментів та фрагментів-контейнерів з обліком локальних психовізуально-статистичних особливостей зображень в спектральному просторі. Після чого важливим є впровадження таких рішень для комплексів БПАКМ.

Для цього необхідно розвивати технології кодування масивів спектральних компонент, в тому числі щодо обробки областей психовізуально-статистичної привабливості. При цьому також необхідно задіяти фактори щодо захисту конфіденційної інформації шляхом її вбудовування до відеопослідовностей.

Звідси мета досліджень статті полягає в розробці методу кодування фрагментів-контейнерів для передачі в бездротових телекомунікаційних мережах.

Опис загальної структури методу обробки фрагментів-контейнерів

Більша ефективність при обробці зображень досягається у разі, коли вихідне зображення попередньо перетворити до спектрального простору. Формуються масиви спектральних компонент (МСК). В результаті чого утворюється форма, яка має корисні властивості. Вони використовуються для подальшого скорочення кількості психовізуально-статистичної надмірності, а саме:

- локальної статистичної надмірності, обумовленої наявністю когерентних особливостей між суміжними елементами області;
- локальної психовізуальної надмірності. Вона обумовлена особливостями оцінки з боку зорової системи;

- локальної надмірності за виявленням параметрів в МСК.

Метод стиснення зображень на основі їх спектрального перетворення реалізована у такому форматі як JPEG. Де одним з основних етапів роботи є дискретне косинусне перетворення (ДКП). Таке перетворення застосовують до окремих фрагментів розміру 8×8 елементів зображення. Корисним наслідком є переконцентрація енергії в область низьких частот МСК. Формується таке уявлення, для якого: у правому верхньому куті зосереджується низькочастотна компонента – DC-компонента або $y(t)_{1,1}$. Така компонента містить концентровану інформацію щодо фрагменту зображення.

Інші компоненти називаються AC-компонентами. Вони зосереджені в нижньому лівому куті МСК. Відповідно для них притаманне обмежений відсоток інформації про фрагмент зображення. Особливо стосовно областей когерентності. Масив спектральних компонент після ортогонального або хвильового перетворення має такі властивості:

- 1) значення компоненти $y(t)_{1,1}$ МСК з координатами (1;1) пропорційно до середньої яскравості локального фрагмента зображення;
- 2) тенденція зміни значень компонент МСК направлена в бік зниження по діагональному зигзагу: з ліва направо та зверху до низу;
- 3) з'являється можливість для врахування психовізуально-статистичних особливостей для послідовності масивів спектральних компонент.

Наступний етап роботи методу стиснення це реалізації стратегії квантування елементів МСК (рис. 1). На цьому етапі відбувається локалізація незначної частини елементів МСК за психовізуальним принципом. Для цього елементи МСК діляться на спеціальне число –квант. Сукупність таких квантів називається матрицею квантування. Після квантування значення елементу МСК є дійсним. Тому його потрібно обробляти з використанням лише цілочисельної частини. Тому значення після квантування округляються до найближчого цілого. Це дозволяє:

- локалізувати статистичні властивості елементів МСК. Особливо ефект такої локалізації досягається для областей яскравішої когерентності фрагментів зображень;
- виникають послідовності нульових елементів масивів спектральних компонент;
- локалізувати статичні особливості для суміжних МСК.

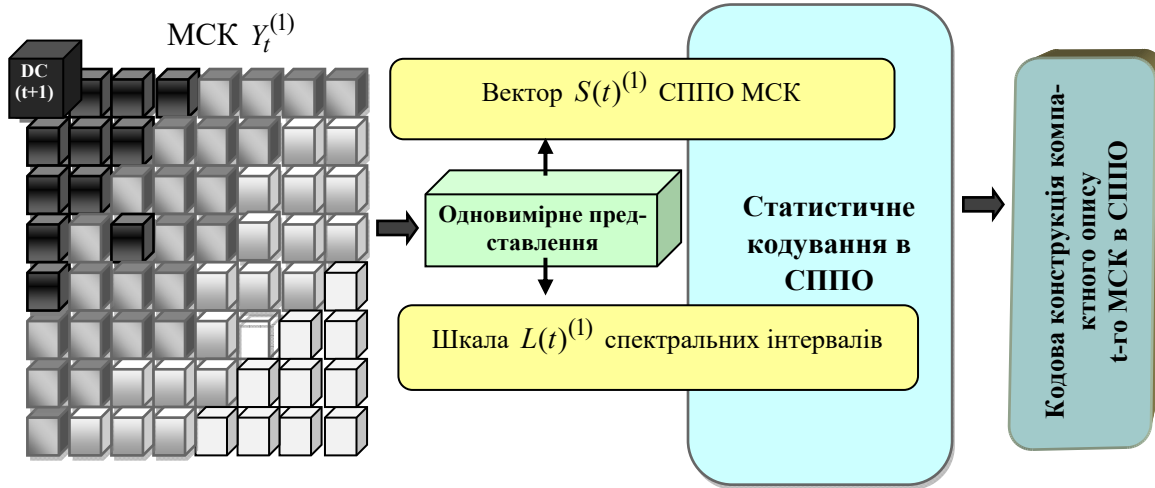


Рис. 1. Структурна схема обробки компонент трансформанти

Наступний крок обробки це побудова одновимірного опису МСК. Застосовується метод лінеаризації двовимірного масиву.

В сформованому одновимірному векторі $Y_t^{(1)}$ елементів МСК відбуваються етапи побудови спектрально-параметричного опису (СППО):

1) початку отримуємо DC-компоненту $y(t)_{1,1}$;

2) після чого для інших елементів МСК пропонується утворювати дві складові $S(t)^{(1)}$, $L(t)^{(1)}$.

Такими складовими є наступні послідовності:

– перша $S(t)^{(1)}$ – вектор градацій спектрального простору. Він формується на основі виявлення значимих градацій нерівномірного спектрального простору МСК;

– друга $L(t)^{(1)}$ – шкала спектральних інтервалів. Він створюється на основі довжин спектральних інтервалів між двома градаціями.

За результатами чого маємо:

$$Y_t^{(1)} = \{DC; S(t)^{(1)}; L(t)^{(1)}\}.$$

Це дозволяє скоротити кількість повторюваних елементів МСК. Тому вектор $L(t)^{(1)}$ пропонується в подальшому позначати, як шкала спектральних інтервалів. Компоненти $\ell(t)_\alpha$ вектору $L(t)^{(1)}$ визначають кількість повторів значень значущих $sign(t)_\alpha$ градацій МСК [28; 29]. Отже вектор $Y_t^{(1)}$ описується двоелементною сукупністю параметрів $lc(t)_\alpha = \{\ell(t)_\alpha; sign(t)_\alpha\}$. Тут маємо: $sign(t)_\alpha$ – значення i -ї значущої градації у складі розгорнутої до одновимірної послідовності МСК; $\ell(t)_\alpha$ – кількість елементів МСК з однаковими градаціями. Структурна схема запропонованого методу обробки МСК наведена на (рис. 1).

Для стиснення DC-елементу $y(t)_{1,1}$ та інших компонент МСК $Y_t^{(1)}$ пропонується використовувати різні методи. Це дозволяє:

– знизити інтервал значимих градацій спектрального простору вектору $Y_t^{(1)}$;

– врахувати статистичні та кореляційні закономірності для DC-елементу в послідовності суміжних МСК.

Метод кодування шкали спектральних інтервалів, як складової спектрально-параметричного опису фрагменту-контейнеру

Для розробки кодування компонент шкали $L(t)^{(1)}$ спектральних інтервалів $\ell(t)_\alpha$ пропонується враховувати такі особливості. Вектор $L(t)^{(1)}$ спектральних інтервалів складається з трьох складових. Такі складові:

$$L(t)^{(1)} = \{L_1^{(\ell)}; L_2; \ell_{n(t)}\},$$

де $L_1^{(\ell)}$ – кількість перших нульових компонент у векторі $L(t)^{(1)}$, тобто: $L_1^{(\ell)} = \{\ell_1, \dots, \ell_{l_\xi}\}$. Тут $\ell_\xi = 0$, $\xi = \overline{1, l_\ell}$; L_2 – компоненти вектору $L(t)^{(1)}$ за винятком першої та останньої серії нульових елементів, а саме:

$$L_2 = \{\ell_{l_\ell}, \dots, \ell_{n(t)-1}\},$$

$\ell_{n(t)}$ – остання компонента вектору $L(t)^{(1)}$.

Розглянемо такий структурний параметр як довжина l_ℓ початкової серії нулів складової $L(t)^{(1)}$. Перша серія нульових елементів шкали $L(t)^{(1)}$ спектральних інтервалів відповідає поча-

тковим значенням вектору $Y_t^{(1)}$ градацій спектрального простору. При цьому з ростом кроку δ квантування значення такого параметру збільшуються.

Для кроку квантування δ , який відповідає потрібній якості реконструкції відеозображень довжина l_ℓ першої серії нулів може приймати більші значення: $l_\ell > 15$ для $\delta \geq 1$. У зв'язку з чим пропонується даний параметр представляти з використанням двовимірного кодування довжинами серіями. Суть такого методу полягає в наступному:

1. Локалізуються послідовності не значимих елементів одновимірного формату МСК, які мають нульові значення.

2. Знаходиться кількість елементів, які належать до поточної послідовності (серії) попереднього кроку.

3. До встановленої послідовності виставляється до відповідності код-довжина серії нулів.

Обробка другого структурного параметру шкали $L(t)^{(1)}$ спектральних інтервалів, а саме, складової L_2 . Ця складова позиціонується у векторі $L(t)^{(1)}$ між першою складовою $L_1^{(l_t)}$ та остаточною компонентою $l_{n(t)}$.

Отже перша частина коду Cod_1 вектору $L(t)^{(1)}$ буде обчислюватись як: $Cod_1 = l_\ell$. Довжина коду: $l(Cod_1) = [\log_2 l_\ell] + 1$ (біт), де Cod_1 – перша частина коду для послідовності $L(t)^{(1)}$; $l(Cod_1)$ – довжина першої частини коду послідовності $L(t; \delta)^{(1)}$.

Така складова характеризується двома показниками:

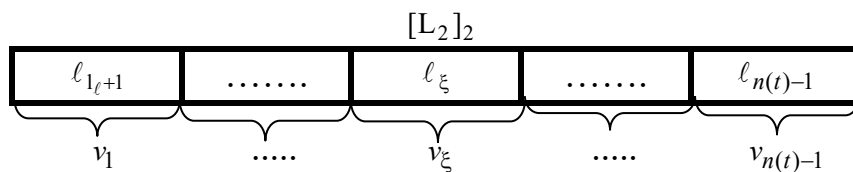


Рис. 2. Структура компактно-представленого підвектору L_2 у двійковому вигляді

Третя структурна складова вектору $L(t)^{(1)}$ є компонента $l_{n(t)}$. Значення цієї компоненти є довжиною останньої серії елементів, що мають нульові значення. Тоді сумарна кількість компонентів у трансформанті розміром $d_1 \times d_2$ елементів через величину $l_{n(t)}$ буде визначатися за наступним виразом:

R_ℓ – кількість компонент МСК, які позиціонують після першої та останньої послідовності нулів або не значимих елементів МСК.

$I_{n(t)-1}(\ell)$ – робочий інтервал вектору $L(t; \delta)^{(1)}$ без врахування останньої компоненти МСК.

Особливостями складової L_2 є: скорочення величин R_ℓ та $I_{n(t)-1}(\ell)$ зі зростанням кроку квантування δ ; величина робочого інтервалу $I_{n(t)-1}(\ell)$ для складової L_2 за умов $\delta=1$ буде мати обмежене значення. Наприклад, для інформативних борових відеоданих величина робочого інтервалу перевищуватиме значення 11: $I_{n(t)-1}(\ell) \leq 11$ для $\delta \geq 1$. Тому для компактного представлення компонент підвектору L_2 пропонується використовувати монотонне кодування за визначеним кодовим інтервалом (МК).

Суть методу МК полягає в тому, що (рис. 2):

1) для компонент підвектору L_2 визначається максимальний робочий інтервал, тобто:

$$I(L_2) = \max_{l_\ell+1 \leq \xi \leq n(t)-1} \{l_\xi\} + 1.$$

2) обчислення цілісної кількості v_1 біт, які необхідні для представлення величин з робочим інтервалом рівним $I(L_2)$: $v_1 = [\log_2 I(L_2)] + 1$;

3) формування кодового слова для компонент підвектору L_2 так, що під кожну його компоненту виділятиметься рівна кількість двійкових розрядів: $l([\ell_\xi]_2) = v_1$ (біт), де $[\ell_\xi]_2$ – двійковий запис компоненти в підвекторі L_2 .

$l([\ell_\xi]_2)$ – довжина двійкового запису компоненти у підвекторі L_2 .

$$d^2 = \sum_{\xi=1}^{n(t)} l_\xi = \sum_{\xi=1}^{n(t)-1} l_\xi + l_{n(t)}. \quad (1)$$

З іншого боку перший доданок виразу (1) визначається на основі перших двох структурних складових вектора $L(t)^{(1)}$, тобто:

$\sum_{\xi=1}^{n(t)-1} \ell_{\xi} = l_{\ell} + R_{\ell}$. Тут l_{ℓ} – довжина підвектору

L_1 ; R_{ℓ} – довжина підвектору L_2 .

Звідси пропонується величину $\ell_{n(t)}$ визначати на приймальній стороні на основі параметрів: d – лінійного розміру трансформанти; l_{ℓ} – довжини початкової нульової серії вектора $L(t)^{(1)}$; R_{ℓ} – кількість компонент у підвекторі L_2 . З вра-

хуванням чого величина $\ell_{n(t)}$ буде визначатись за такою формулою: $\ell_{n(t)} = z^2 - l_{\ell} - R_{\ell}$.

Тому вектор компонент $L(t)^{(1)}$ замінюється двома кодovими складовими, тобто:

$$L(t)^{(1)} \rightarrow \{I(Cod_1); (v_1, \dots, v_{\xi}, \dots, v_{n(t)-1})\}.$$

На рис. 3 представлена граф-схема способу кодування вектора $L(t)^{(1)}$.

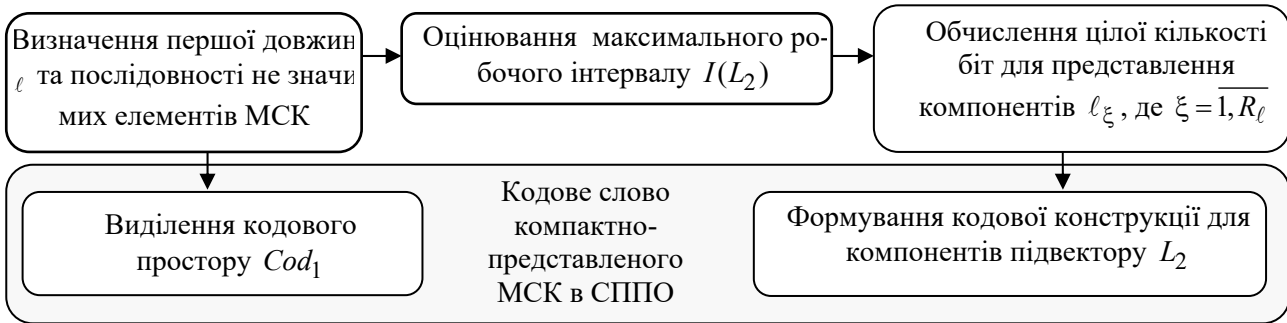


Рис. 3. Граф-схема способу кодування вектору $L(t)^{(1)}$

Отже можна заключити наступне: шкала $L(t)^{(1)}$ спектральних інтервалів складається з трьох складових, обробка яких відбувається окремо; кожна складова вектору $L(t)^{(1)}$, зі збільшенням кроку квантування змінюється за певною закономірністю, що використовуються при кодуванні.

Висновки

1. Обґрунтовано підхід для побудови технології компресії зображень з використанням попереднього трансформування, що базується на:

1) формуванні двох складових масивів спектральних компонент, а саме: вектора градацій спектрального простору та шкали спектральних інтервалів. Це дозволяє: адаптуватися до структури трансформанти, враховуючи різну концентрацію високочастотних компонент у фрагментах зображення та різний рівень фактору квантування; виявляти додаткові структурні закономірності в МСК.

2) кодуванні низькочастотної компоненти МСК на основі врахування статистичних залежностей у диференціальному просторі.

Це дозволяє: усунути статистичну надмірність обумовлену наявністю кореляції між сусідніми сегментами; усунути надмірність, яка спричинена наявністю нерівномірності розподілу низькочастотних компонент; створити умови для застосування технології паралельного кодування; знизити робочий інтервал у МСК.

2. Стиснення фрагментів зображення-контейнеру досягається в результаті:

1) виключення статистичної надмірності, обумовленої врахуванням інтегрованих кореляційних залежностей;

2) зниження психовізуально-статистичної надмірності за рахунок проведення нелінійного квантування МСК;

3) локалізацією структурної надмірності, яка обумовлена виявленням спектральних інтервалів трансформанти.

3. Розроблено технологію кодування шкали спектральних інтервалів, яка базується на його розбитті двома складовими: довжина першої послідовності не значимих елементів складової СППО; підвектор, який складається з елементів другої компоненти за виключенням першої та останньої послідовності не значимих елементів СППО. Це дозволяє: виявляти додаткові структурні закономірності; усунути статистичну надмірність.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] 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>.
- [2] 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>.
- [3] 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>.
- [4] 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>.
- [5] Huang, S.-Y. Juan A.-h. Lo, J.S.-T. XOR-Based Meaningful (n, n) Visual Multi-Secrets Sharing Schemes. *Applied Sciences*, MDPI. 2022. Vol. 12, iss. 20. Id. 10368. P. 1–22. DOI: [10.3390/app122010368](https://doi.org/10.3390/app122010368).
- [6] U. Zia, M. McCartney, B. Scotney 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](https://doi.org/10.1007/s10207-022-00588-5).
- [7] X. Cao, Y. Huang, H.-T. Wu, Y.-m. Cheung Content and Privacy Protection in JPEG Images by Reversible Visual Transformation. *Applied Sciences*, MDPI. 2020. Vol. 10, iss. 19. Id. 6776. P. 1–12. DOI: [10.3390/app10196776](https://doi.org/10.3390/app10196776).
- [8] A. Latif, Z. Mehrnahad A Novel Image Encryption Scheme Based on Reversible Cellular Automata. *Journal of Electronic & Information Systems*. 2019. Vol. 1, iss. 1. P. 18–25. DOI: [10.30564/jeisr.v1i1.1078](https://doi.org/10.30564/jeisr.v1i1.1078).
- [9] 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](https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024205).
- [10] Бараннік В. В., Ігнат'єв А. А., Бабенко Ю. М., Бараннік В. В., Сидченко Е. С. Технологія компонування кодування мікросегментів для підвищення безпеки відеоресурсів в інфокомунікаційних системах. *Безпека інформації*. 2020. № 3. С. 181–190.
- [11] 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](https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024206).
- [12] Babenko Y., Barannik V., 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)*. Kyiv, 2020. P. 52–56. DOI: [10.1109/ATIT50783.2020.9349256](https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349256).
- [13] 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](https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2010.06.012).
- [14] R. Onyshchenko, A. Krasnorutsky, D. Barannik, 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](https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024208).
- [15] V. Kolesnyk, A. Berchanov, A. Krasnorutsky, 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](https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024240).
- [16] Barannik V., Tarasenko D. Method coding efficiency segments for information technology processing video. *Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T): proceedings of 4th International Scientific-Practical Conference. (Kharkov, Ukraine, October 10–13, 2017)*, Kharkov, 2017. P. 551–555. DOI: [10.1109/INFOCOMMST.2017.8246460](https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246460).
- [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 (ICCST): proceedings of the IEEE International Conference*. 2012. P. 135–139. DOI: [10.1109/CCST.2012.6393548](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024245).
- [19] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000. *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 19 th IEEE International Conference*, 2012. P. 261–264. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2012.6466845>.
- [21] 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.
- [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. <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [23] V. Barannik, S. Sidchenko, D. Barannik and O. Ignatyev, "The Concept Of Creating A Complex Cryptocompression Image Protection System In Infocommunications," 2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 101–105, doi: 10.1109/ATIT58178.2022.10024210.
- [24] Barannik V., Krasnorutsky A., Kolesnik V., Barannik V., Pchelnykov 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. (2023). 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, vol 965. Springer, Switzerland, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-126>.
- [26] 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.
- [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] V. Barannik and A. Shiryaev, "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
- [29] Онищенко Р., Бараннік В. В., Шульгін С. С., 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] Barannik, V., Hahanova, I., Kulbakova, N. "Dynamic coding of transforms of the images in two – level polyadic space," 2008 International Conference on "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" (TCSET), 2008, pp. 320–325

**Юдін О. К., Коляденко Ю. Ю., Цімура Ю. В., Єрошенко В. П.
МЕТОД КОДУВАННЯ ФРАГМЕНТІВ-КОНТЕЙНЕРІВ В СПЕКТРАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧНОМУ ПРОСТОРИ**

Показано, що тенденції розвитку інформаційних технологій переробки, кодування та передачі даних стосуються зростання привабливості безпроводових інфокомунікаційних систем та мереж. В сучасних умовах такі технології застосовуються для організації інформаційного забезпечення з використанням безпілотних комплексів наземного та повітряного базування. Обґрунтовано значимість використання безпроводових телекомунікаційних технологій для організації процесів управління в кризових умовах. В статті обґрунтовано підхід для побудови технології компресії фрагментів-контейнерів з використанням попереднього трансформування, що базується на: формуванні двох складових масивів спектральних компонент (МСК), а саме: вектора градацій спектрального простору та шкали спектральних інтервалів; кодуванні низькочастотної компоненти трансформант на основі врахування статистичних залежностей у диференціальному просторі. Доведено, що це дозволяє: адаптуватися до структури МСК, враховуючи різну концентрацію високочастотних компонент у фрагментах відеопослідовностей та різний рівень фактору квантування; виявляти додаткові структурні закономірності в МСК; локалізувати статистичну надмірність, обумовлену наявністю кореляції між сусідніми фрагментами в спектрально-параметричному описі; скоротити надмірність, яка спричинена наявністю нерівномірності розподілу низькочастотних компонент; створити умови для застосування технології паралельного кодування. Створюється технологія кодування шкали спектральних інтервалів спектрально-параметричного опису МСК. Вона базується на розбитті МСК двома складовими: довжина першої послідовності не значимих елементів; під-вектор, який складається з елементів шкали спектральних інтервалів за виключенням першої та останньої послідовності не значимих елементів. Доводиться те, що це дозволяє: виявляти додаткові структурні закономірності; локалізувати статистичну надмірність, створити умови для

приховування конфіденційної інформації з використанням стеганографічних методів. Викладаються етапи методу монотонного кодування значимого підвектору шкали спектральних інтервалів.

Ключові слова: доступність, приховування конфіденційної інформації, відеозображення, телекомунікаційні системи, стиснення відеоданих-контейнерів, стеганографічні методи, статистична надмірність, спектрально-параметричний опис фрагментів.

Yudin O., Koliadenko Yu., Tsimura Yu., Yeroshenko V.

METHOD ENCODING CONTAINER FRAGMENTS IN SPECTRAL-PARAMETRIC SPACE

It is shown that trends in the development of information technologies for processing, coding and data transmission relate to the growing attractiveness of wireless infocommunication systems and networks. In modern conditions, such technologies are used to organize information support using unmanned ground-based and air-based systems. The significance of the use of wireless telecommunication technologies for the organization of management processes in crisis conditions is substantiated. The article substantiates an approach for constructing a technology for compression of fragments-containers using a preliminary transformation, which is based on: the formation of two constituent arrays of spectral components (ASC), namely: the vector of gradations of spectral space and the scale of spectral intervals; coding of the low-frequency component of the transformant based on taking into account statistical dependencies in the differential space. It is stated that this allows: to adapt to the structure of ASC, taking into account the different concentration of high-frequency components in fragments of video sequences and the different level of the quantization factor; identify additional structural patterns in the ASC; localize statistical redundancy due to the presence of correlation between adjacent fragments in the spectral-parametric description; reduce redundancy caused by the presence of uneven distribution of low-frequency components; create conditions for the use of parallel coding technology. A technology for encoding the scale of spectral intervals of spectral-parametric description ASC is being created. It is based on breaking down the ASC into two components: the length of the first sequence of non-significant elements; A sub-vector that consists of elements on a scale of spectral intervals with the exception of the first and last sequence of non-significant elements. It is proved that this allows: to identify additional structural regularities; localize statistical redundancy, create conditions for concealing confidential information using steganographic methods. The stages of the method of monotonic coding of a significant subvector of the scale of spectral intervals are described.

Keywords: accessibility, concealment of confidential information, video images, telecommunication systems, compression of video data-containers, steganographic methods, statistical redundancy, spectral-parametric description of fragments.

Стаття надійшла до редакції 09.02.2024 р.

Прийнято до друку 10.04.2024 р.