



МЕТОД КОДУВАННЯ ВІДЕОДАНИХ В СПЕКТРАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧНОМУ ПРОСТОРИ

Ю. Цімура¹ [ORCID: 0000-0002-6269-3821], А. Костромицький² [ORCID: 0000-0003-3434-0815],
О. Суханов³ [ORCID: 0000-0003-2370-1486], С. Думич⁴ [SCOPUS ID: 24482960900]

¹ Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, вул. Київська, 45/1, Київ, 01011, Україна.

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

³ Харківський національний університет Повітряних Сил, вул. Сумська, 77/79, 61166, Харків, Україна

⁴ Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Відповідальний за рукопис: Юрій Цімура (e-mail: tsimur@ukr.net)

(Подано 29 січня 2024)

Показано те, що розвиток сучасних інфокомунікаційних систем прямує тенденцією поширеного застосування бездротових технологій. Зростає рівень інтелектуалізації протоколів їх функціонування. Відповідно зростають характеристики бездротових інфокомунікаційних технологій передачі даних. Це сприяє їх використанню для передачі даних з дистанційних роботизованих платформ в процесі інформаційної підтримки функціонування критичної інфраструктури. Обґрунтовано те, що передача відеоданих з потрібним рівнем бітової інтенсивності на основі існуючих бортових телекомунікаційних технологій організується в умовах значних часових затримок. Отже втрачається рівень оперативності доставки інформації. З іншого боку виникають втрати за достовірністю відеоінформації. Стверджено, що варіант рішення задачі полягає у подальшому розвитку технологій кодування відеоінформаційних потоків. Найбільш поширеною платформою є формат JPEG. Однак мають місце недоліки. Вони стосуються втрати рівня стиснення у разі скорочення потенціалу виявлення психовізуальних залежностей. В статті обґрунтовано підхід для вдосконалювання, яке полягає у використанні адаптованої технології кодування в спектрально-параметричному просторі. Такий підхід полягає у виявленні в спектральних масивах субполос та подальшою їх параметризацією з формуванням структурних складових за значущим рівнем та довжиною. Подальшу обробку пропонується проводити з врахуванням інформативності сегментів та скорочення кількості структурної надмірності. Обґрунтовано підхід для побудови технології компресії спектральних масивів з виявленням спектральних суб-полос. Створено модель для знаходження кількості інформації для трансформованих сегментів в спектрально-параметричному просторі. При цьому враховується наявна кількість надмірності, що встановлюється за визначенням обмежень на значення структурних компонент. Розроблено метод кодування сегментів в спектрально-параметричному описі. Основні базові компоненти методу стосуються обробки сукупностей двокомпонентних структурно-параметричних складових з врахуванням особливостей їх змісту в залежності від наявності процесів квантування.

Ключові слова: кодування відеозображень, трансформанта, стиснення, скорочення надмірності.

1. Вступ

Розвиток сучасних інфокомунікаційних систем прямує тенденцією поширеного застосування бездротових технологій [1; 2]. Зростає рівень інтелектуалізації протоколів їх функціонування.

Відповідно зростають характеристики бездротових інфокомунікаційних технологій передачі даних [3; 4]. Це сприяє їх використанню для передачі даних з дистанційних роботизованих платформ в процесі інформаційної підтримки функціонування критичної інфраструктури [5 – 7]. В тому числі створюються умови щодо організації обміну інформацією з безпілотними авіаційними комплексами (БПАКМ) [8]. Особливо значимість використання таких систем зростає в умовах воєнного стану.

Отже це сприяє застосування послуг надання відеоінформаційних сервісів. З одного боку створюються умови для формування якісних відеоінформаційних сервісів для систем управління профільними структурами [9]. З іншого боку вимоги до відеоінформаційних сервісів постійно зростають [10; 11]. Збільшуються вимоги щодо підвищення оперативності доставки інформації та її достовірність.

Водночас практичний досвід вказує на те, що передача відеоданих з потрібним рівнем бітової інтенсивності на основі існуючих бортових телекомунікаційних технологій організується в умовах значних часових затримок [12 - 14]. Отже втрачається рівень оперативності доставки інформації. З іншого боку виникають втрати за достовірністю відеоінформації. Звідси існує суперечність між характеристиками продуктивності бортових телекомунікацій та вимогами до відеоінформаційного забезпечення.

Рішення цього питання полягає у додатковому зменшенні бітової інтенсивності відеоресурсів, які передаються з використанням бортових телекомунікаційних систем. При цьому необхідно забезпечити потрібний рівень достовірності інформації. Звідси зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування бортових телекомунікаційних систем з потрібним рівнем достовірності та якості відеосервісу є актуальною *науково-прикладною задачею*.

2. Аналіз та постановка задачі

Варіант рішення задачі полягає у подальшому розвитку технологій кодування відеоінформаційних потоків. На даний час з цього приводу існують декілька стандартизованих рішень [15 - 18]. Основна їх частина використовує в процесі обробки відеокадрів технологію попередньої їх трансформації [19; 20]. Така трансформація дозволяє відеокадри часового простору розглядати в спектральному просторі. Відповідно з'являються можливості щодо виявлення більшої кількості залежностей різних видів [21]. В свою чергу це сприяє створенню різних типів технологій кодування сегментів в спектральному просторі [22; 23].

Найбільш поширеною платформою є формат JPEG [24; 25]. Рекомендується використовувати два підходи до обробки масивів спектрального простору. Перший статичний підхід. В даному випадку статистичні характеристики формуються без врахування їх зміни в процесі обробки сегментів [26]. Другий підхід – динамічний. Тут, навпаки проводиться динамізації зміни статистичних характеристик спектральних масивів [27]. Однак обидва підходи мають недоліки. Вони перш за все стосуються втрати рівня стиснення у разі скорочення потенціалу виявлення психовізуальних залежностей [28; 29]. Це може статися у разі: обробки високоінформативних аерофотознімків; збільшення вимог щодо достовірності відеоінформації. Тому потрібно вдосконалювати існуючі технології кодування відеоданих для зменшення їх бітової інтенсивності.

Напрямок такого вдосконалювання полягає у використанні адаптованої технології кодування в спектрально-параметричному просторі (СПП) [30]. Такий підхід полягає у виявленні в спектральних масивах субполос (ССП) та подальшою їх параметризацією з формуванням структурних складових за значущим рівнем та довжиною. Подальшу обробку пропонується проводити з врахуванням інформативності сегментів та скорочення кількості структурної надмірності. Тому *мета статті* полягає у розробці методу адаптивного кодування в спектрально-параметричному описі відеоданих.

3. Розробка методу кодування відеоданих в спектрально-параметричному просторі

Для спектрально-параметричного опису використовується одновимірне представлення $Y^{(1)}$ трансформованих сегментів. В цьому випадку маємо:

$$Y^{(1)} = \{ \ell_{\alpha}; \overline{sign_{\alpha}} \}, \alpha = \overline{1, n_{sb}},$$

де $\text{loc}_{\alpha} = \{ \ell_{\alpha}; \overline{sign_{\alpha}} \}$ - двокомпонентний структурно-параметричний опис (ДСПО) α -ї спектральної субполос (СПП); n_{sb} - кількість суб-полос в спектральному масиві.

Тут під спектральною суб-полосою будемо розуміти таку одновимірну послідовність sb_{α} :

$$sb_{\alpha} = \{ y_{\alpha,1}; \dots; y_{\alpha,\xi}; \dots; y_{\alpha,\ell_{\alpha}} \},$$

значення компоненти якої обмежуються за інтервалом $\text{diap}(Y^{(1)})$.

Відповідно сукупність компонент ℓ_{α} та $\overline{sign_{\alpha}}$ ДСПО для всього спектрального масиву $Y^{(1)}$ утворюють сукупності $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Такі сукупності є характерними ознаками спектрального масиву в параметричному його описі. В залежності від зміни інформативності сегментів та вимог щодо їх візуальної якості змінюється потужність та склад таких сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Це впливає на зміну кількості QT(L) та QT(S) допустимих станів характеристичних сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$.

Відповідно до наявних обмежень $\text{diap}(L^{(1)})$ та $\text{diap}(S^{(1)})$ на компоненти ℓ_{α} , $\overline{sign_{\alpha}}$ складових $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ СПОТ-трансформанти будемо мати наступні співвідношення для відповідного визначення величин QT(L), QT(S) :

$$QT(L) = (\text{diap}(L^{(1)}))^{n_{sb}};$$

$$QT(S) = (\text{diap}(S^{(1)}))^{n_{sb}}.$$

Такі співвідношення отримані з врахуванням того, що компоненти ℓ_{α} , $\overline{sign_{\alpha}}$ складових $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ СПОТ мають відповідно наступні специфікації :

$$\ell_{\alpha} \in [1; \text{diap}(L^{(1)})] \text{ або } \ell_{\alpha} \in [1; \max_{1 \leq \alpha \leq n_{sb}} \{ \ell_{\alpha} \}]; \quad (1)$$

$$\overline{sign_{\alpha}} \in [0; \text{diap}(S^{(1)})] \text{ або } \overline{sign_{\alpha}} \in [1; \max_{1 \leq \alpha \leq n_{sb}} \{ \overline{sign_{\alpha}} \}]; \quad (2)$$

$$\alpha = \overline{2, n_{sb} - 1}.$$

Тоді з врахуванням незалежності параметрів ℓ_{α} , $\overline{sign_{\alpha}}$ за теоремою множення загальна кількість QT($Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P$) різних станів всієї СПОТ-трансформанти за її складовими $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ визначається формулою :

$$QT(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P) = QT(L) \cdot QT(S) = (\text{diap}(L^{(1)}))^{n_{sb}} \cdot (\text{diap}(S^{(1)}))^{n_{sb}}.$$

Звідси визначається оцінка щодо кількості інформації $\text{Id}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P)$ в трансформанті $Y^{(1)}$ у разі її спектрально-параметричного опису. Отже для відомої величини QT($Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P$) рівень $\text{Id}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P)$ невизначеності (інформативності) знаходиться наступним чином :

$$\text{Id}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P) = \log_2 (QT(L) \cdot QT(S)) = \log_2 ((\text{diap}(L^{(1)}))^{n_{sb}} \cdot (\text{diap}(S^{(1)}))^{n_{sb}})$$

або

$$\text{Id}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P) = n_{sb} \log_2 (\text{diap}(L^{(1)}) \cdot \text{diap}(S^{(1)})).$$

Дане співвідношення є загальним та не враховує нерівномірну динаміку зміни рівня невизначеності (інформативності) трансформанти за послідовністю її ДСП компонент loc_α .

Відповідно за потреби можна визначити середній рівень $\overline{\text{Id}}(\text{loc})$ інформативності, що несе в собі ДСП спектрального простору. Для цього можна усереднити загальну інформативність СПОТ за кількістю n_{sb} ЛКМ. Тоді матимемо :

$$\overline{\text{Id}}(\text{loc}) = \frac{\text{Id}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P)}{n_{sb}} = \frac{n_{sb} \cdot \log_2(\text{diap}(L^{(1)}) \cdot \text{diap}(S^{(1)}))}{n_{sb}} = \log_2(\text{diap}(L^{(1)}) \cdot \text{diap}(S^{(1)}))$$

Отримане співвідношення дозволяє оцінити середній приріст до загального рівня інформативності СПО спектральних масивів за окремою ДСП компонентою.

З врахуванням чого матимемо вираз для знаходження кількості $\text{Rd}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P)$ надмірності в $Y^{(1)}$ у разі її спектрально-параметричного опису :

$$\text{Rd}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P) = \left(1 - \frac{n_{sb} \cdot \log_2(\text{diap}(L^{(1)}) \cdot \text{diap}(S^{(1)}))}{n^2 \cdot \log_2 d_y}\right) \cdot 100\% .$$

або

$$\overline{\text{Rd}}(\text{loc}) = \left(1 - \frac{\log_2(\text{diap}(L^{(1)}) \cdot \text{diap}(S^{(1)}))}{\bar{\ell} \cdot \log_2 d_y}\right) \cdot 100\% .$$

При цьому виконуються такі умови :

$$\text{diap}(L^{(1)}) < \bar{\ell} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{n_{sb}} \ell_\alpha}{n_{sb}} ; \text{diap}(S^{(1)}) < d_y .$$

З чого можна заключити те, що $\text{Rd}(Y^{(1)} | Y^{(1)} \rightarrow P) > 0$.

Відповідно для скорочення кількості такої надмірності пропонується використовувати метод кодування сукупностей спектрально-параметричного опису.

Для розробки кодування компонент шкали спектральних інтервалів пропонується додатково враховувати такі особливості. Вектор спектральних інтервалів складається з трьох складових, тобто :

$$S_{m-1} = \{S_1^{(l_g)}; S_2; s_m\},$$

де $S_1^{(l_g)}$ – кількість перших нульових компонент у векторі S_{m-1} , тобто $S_1^{(l_g)} = \{s_1, \dots, s_{l_g}\}$, де $s_\xi = 0$,

$\xi = \overline{1, l_g}$, S_2 – компоненти вектору S_{m-1} за винятком першої та останньої серії нульових елементів, а саме : $S_2 = \{s_{l_g}, \dots, s_{m-1}\}$, g_m – остання компонента вектору S_{m-1} .

Розглянемо такий структурний параметр як довжина початкової серії нульових елементів вектору S_{m-1} . Перша серія нульових елементів шкали S_{m-1} спектральних інтервалів відповідає початковим значенням вектору Y_{m-1} градацій спектрального простору. При цьому з ростом кроку квантування значення такого параметру збільшуються.

Розглянемо обробку другого структурного параметру шкали S_{m-1} спектральних інтервалів, а саме, складової G_2 . Ця складова позиціонується у векторі S_{m-1} між першою серією $S_1^{(l_g)}$ нулів та остаточною компонентою g_m .

Отже перша частина коду E_1 вектору S_{m-1} буде визначатись як: $E_1 = 1_g$. Довжина коду: $l(E_1) = [\log_2 1_g] + 1$ (біт), де E_1 – перша частина коду вектору S_{m-1} ; $l(E_1)$ – довжина першої частини коду вектору S_{m-1} .

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

Для кодування складових ℓ_α та $sign_\alpha$ двокомпонентний структурно-параметричний опису в межах окремих сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ у разі сегментів з обмеженою насиченістю дрібними деталями пропонується застосовувати універсальні методи кодування. Одним з таких методів є кодування за діапазонами. Реалізація такого кодування передбачає наявність наступних початкових відомостей:

– розміри поточного кодового посилання (у разі подання відеоданих для зберігання на борту);

– максимальне $diap(L^{(1)})$ та $diap(S^{(1)})$ значення відповідно для компонент сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ спектрально-параметричного опису масиву $Y^{(1)}$.

Подальша обробка компонент сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ здійснюється наступними етапами:

Перший етап обробки. Знаходиться мета-відомості для компонент сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ – поточний діапазон зміни відповідних значень. Для виконання цього етапу задіюються вирази:

$$diap(L^{(1)}) = \max_{1 \leq \alpha \leq n_{sb}} \{ \ell_\alpha \};$$

$$diap(S^{(1)}) = \max_{1 \leq \alpha \leq n_{sb}} \{ sign_\alpha \}.$$

Визначення таких допоміжних відомостей дозволяє адаптуватися процесу обробки у разі наявності значних областей не значимих компонент. В цьому випадку збільшуються розміри областей трансформанти, для яких значення компонент будуть наближатися до нульового рівня. Відповідно з'являється можливість для збільшення значень компонент ℓ_α . Відповідно кількість n_{sb} таких компонент в спектрально-параметричному описі буде зменшуватись. Однак для області низькочастотних компонент значення складових ℓ_α будуть обмеженими. Отже необхідно виключити наявний перебік між значеннями складових ℓ_α , що формуються для різних областей трансформанти (високо частотної та низькочастотної області).

Другий етап обробки. На цьому етапі визначаються довжини (кількість біт) $v(L^{(1)})_{\max}$ та $v(S^{(1)})_{\max}$ щодо двійкового опису відповідно мета-відомостей $diap(L^{(1)})$ та $diap(S^{(1)})$. Це визначатиме номінальну адаптовану довжину кодограми для складових ℓ_α та $sign_\alpha$ кожної з сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ спектрально-параметричного опису масиву $Y^{(1)}$. Для виконання таких дій залучаються наступні формули:

$$v(L^{(1)})_{\max} = [\log_2 diap(L^{(1)})] + 1;$$

$$v(S^{(1)})_{\max} = [\log_2 diap(S^{(1)})] + 1.$$

Після чого процес обробки переходить до третього завершального етапу кодування компонент ДПСО.

Третій етап процесу обробки. Кодові компоненти $v(L^{(1)})_{\max}$ та $v(S^{(1)})_{\max}$ розташовуються на початку загального кодового посилання сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Такі відомості є службово-

допоміжними. Вони використовуються для розмежування кодових слів між суміжних компонентами ℓ_α та sign_α відповідно в загальному двійково-компактному описі сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. Відповідно це дозволяє використовувати локально-рівномірний режим кодування компонент сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$. При цьому довжини кодових слів для компонент таких сукупностей будуть рівномірними в межах поточної трансформанти та дорівнюватимуть відповідно $v(L^{(1)})_{\max}$ біт та $v(S^{(1)})_{\max}$ біт.

Реалізація блокового універсально-монотонного коду стосується в додаванні кожному кодовому слові з довжинами $v(L^{(1)})_{\max}$ та $v(S^{(1)})_{\max}$ декількох елементів ℓ_α та sign_α з відповідних сукупностей спектрально-параметричного опису трансформанти. Зрозуміло у разі обробки сукупності $L^{(1)}$, що сформована для низько насиченого дрібними деталями сегменту утворюється перекик значень ℓ_α для різних областей трансформанти. Найбільше значення величини ℓ_α , яке відповідно визначає довжину $v(L^{(1)})_{\max}$ кодових слів поточної сукупності $L^{(1)}$, відповідає низькочастотним компонентам трансформанти. Тоді запроваджений підхід дозволяє додавати декілька компонент з низькочастотної та середньо частотної областей трансформанти до кодового слові, яке формується величинами ℓ_α низькочастотних областей. Зрозуміло, що така процедура забезпечує представлення в одному кодовому слові декількох компонент ℓ_α сукупності $L^{(1)}$. Відповідно маємо додаткове збільшення рівня стиснення сегменту.

Потрібно відмітити те, що можна реалізувати подальше вдосконалення універсального блокового коду. Для цього з окремих сукупностей $L^{(1)}$ та $S^{(1)}$ групи суміжних трансформант необхідно сформувати двовимірні масиви, тобто $L^{(2)}$ та $S^{(2)}$. Кількість трансформант (сегментів) в групі дорівнює τ . Після чого потрібні наступні службові відомості:

– мінімальні значення $\ell_{\min,i}$, $\text{sign}_{\min,i}$ в рядку (стовпці) масивів $L^{(2)}$ та $S^{(2)}$, тобто:

$$\ell_{\min,i} = \min_{1 \leq j \leq \tau} \{\ell_{\alpha,j}\};$$

$$\text{sign}_{\min,i} = \min_{1 \leq j \leq \tau} \{\text{sign}_{\alpha,j}\};$$

– максимального значення $\ell_{\max,i}$, $\text{sign}_{\max,i}$ в стовпці (рядку) масивів $L^{(2)}$ та $S^{(2)}$, а саме:

$$\ell_{\max,i} = \max_{1 \leq j \leq \tau} \{\ell_{\alpha,j}\};$$

$$\text{sign}_{\max,i} = \max_{1 \leq j \leq \tau} \{\text{sign}_{\alpha,j}\};$$

– кроку дискретизації $\delta(\ell)_i$ та $\delta(\text{sign})_i$ елементів i -го рядку для масивів $L^{(2)}$ та $S^{(2)}$. Для цього виконуються перетворення:

$$r(\ell)_i = \lceil \log_2(\ell_{\max,i} - \ell_{\min,i}) / \delta(\ell)_i \rceil + 1 \text{ (біт)};$$

$$r(\text{sign})_i = \lceil \log_2(\text{sign}_{\max,i} - \text{sign}_{\min,i}) / \delta(\text{sign})_i \rceil + 1 \text{ (біт)}.$$

Створені перетворення для узагальнених сукупностей $L^{(2)}$ та $S^{(2)}$ послідовності трансформант в спектрально-параметричному описі створюють умови для врахування більшої кількості інформації, та відповідно для додаткового збільшення рівня стиснення.

Висновки

1. Обґрунтовано підхід для побудови технології компресії спектральних масивів з виявленням спектральних суб-полос. Підхід базується на формуванні двох складових трансформант, а саме:

вектора градацій спектрального простору та шкали спектральних інтервалів. Це дозволяє: адаптуватися до структури трансформанти, враховуючи різну концентрацію високочастотних компонент у сегменті та різні вимоги щодо їх візуальної якості; виявляти додаткові структурні закономірності в трансформантах сегментах відеокадрів.

2. Створено модель для знаходження кількості інформації для трансформованих сегментів в спектрально-параметричному просторі. При цьому враховується наявна кількість надмірності, що встановлюється за визначенням обмежень на значення структурних компонент.

3. Розроблено метод кодування сегментів в спектрально-параметричному описі. Основні базові компоненти методу стосуються обробки сукупностей двокомпонентних структурно-параметричних складових з врахуванням особливостей їх змісту в залежності від наявності процесів квантування.

4. Розроблено метод універсально-монотонного блокового кодування за визначенням довжини кодових слів по діапазонам зміни значень компонент сукупностей спектрально-параметричного опису трансформанти. Вдосконалено узагальнений підхід у разі обробки групи суміжних трансформант. Такий метод має найбільшу ефективність у разі обробки сегментів з низьким рівнем насиченості дрібними деталями.

Список використаних літературних джерел

- [1] Ілляшов О.А. До питання захисту інформаційно-телекомунікаційної сфери від стороннього кібернетичного впливу / О.А. Ілляшов, В.Л. Бурячок // *Наука и оборона*. – 2010. – №4. – С.35 – 41.
- [2] Barannik V., Stepanko O., Nikodem J., Jancarczyk D., Babenko Yu., 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.
- [3] Алімпієв А.М. Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні / А.М. Алімпієв, В.В. Баранник, Т.В. Белікова, С.О. Сідченко // *Системи обробки інформації*. – Харків: ХНУПС, 2017. – Вип. 4(150). – С. 113-121.
- [4] V. Barannik, N. Kharchenko, O. Kulitsa, V. Tverdokhle, , "The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality", in *13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2016*, pp. 902-904. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452220.
- [5] Barannik, D., Kulitsa, O., Barannik, V.V., Tarasenko, D., Podlesny, S., *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.
- [6] Oleksii Dovbenko, Tatyana Belikova. *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.
- [7] Баранник В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Ревва К. В., Яковенко О.В. Метод відновлення усічено-позиційних чисел в нерівномірно-діагональному спектральному просторі // *Сучасна спеціальна техніка*, №3, 2023, С. 33 – 42.
- [8] Shamir A., Rivest R. L., 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.
- [9] Баранник В.В. Обоснование значимых угроз безопасности видеoinформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов, С.А. Сидченко // *Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте*. – 2014. №3. С. 24 – 31.

- [10] 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>.
- [11] Vladimir Barannik, Sergii Shulgin, Valerii Kozlovskiy, Roman Onyshchenko, Tatyana Belikova, Oleksandr Ihnatiev, Viacheslav Khlopiachyi. *Method of recurrent truncated-positional coding video segments in uneven diagonal space*. – *Radioelectronic and computer systems*, 2023, vol. 2, pp. 129-142. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2023.2.11>.
- [12] X., Au O. C. , Zhou J., Liu 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.
- [13] 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.
- [14] Barannik, V., Barannik, N., Sidchenko, S., 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>.
- [15] A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi, "The jpeg 2000 still image compression standard," in *IEEE Signal processing magazine*, 2001, vol. 18 (5), pp. 36–58.
- [16] 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.
- [17] Баранник В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Бабенко М.В., Єлісєєв Є.С. *Концепція інтегрування інфокомунікаційної технології кодування відеосегментів до стандартизованих платформ // Наукоємні технології*. 2023. № 4. С. 13 – 22.
- [18] *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size [Text] / K. Minemura, Z. Moayed, K. Wong, X. Qi, K. Tanaka // Image Processing : proc. 19 th IEEE Int. Conf., 30 Sept.-3 Oct. 2012. – Orlando, FL, USA, 2012. – P. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [19] Бараннік , В. В., Шульгін , С. С., Бабенко , Ю. М., Онищенко , Р. С., Рєва , К. В., Белікова , Т. В. and Ігнат'єв , О. О. (2023) "Technology of Sliding Coding of Uneven Diagonal Sequences in Two-Dimensional Spectral Space of Transformants", *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, (94), pp. 13-23. doi: 10.20535/RADAP.2023.94.13-23.
- [20] Deshmukh, M. *An (n, n)-Multi Secret Image Sharing Scheme Using Boolean XOR and Modular Arithmetic [Text] / M. Deshmukh, N. Nain, M. Ahmed // Advanced Information Networking and Applications : proc. IEEE 30 th Int. Conf. (AINA), 23-25 March 2016. – Crans-Montana, Switzerland, 2016. – P. 690–697. DOI: 10.1109/aina.2016.56.*
- [21] Бараннік В.В., Шульгін С.С., Семенченко О.А., Пчельніков С. І., Шейгас О.К. *Обґрунтування підходу для побудови технології кодування відеоінформації // Сучасна спеціальна техніка, №2, 2023, С. 14 – 23.*
- [22] Barannik V., Barannik D. Barannik N., *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 15 th IEEE International Conference*, 2020. P. 699–702. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522.
- [23] Володимир Бараннік , Сергій Шульгін, Дмитро Бараннік, Роман Онищенко, К. Рєва *Метод усічено-позиційного декодування трансформант за нерівномірно-діагональним форматом // Наукоємні технології*. 2023. № 3. С. 280-288.
- [24] Wong K. W. *Image encryption using chaotic maps. Intelligent Computing Based on Chaos*. 2009. Vol. 184. P. 333–354. DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4_16.
- [25] 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, Вип. 3, № 1, С. 24–34 (2023).*

- [26] Wong K., Qi X., Minemura K., Moayed Z., Tanaka K. *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. Image Processing: proceedings of the 19 th IEEE International Conference, 2012. P. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [27] Володимир Бараннік, Сергій Шульгін, Роман Оніщенко, К. Ревва, Олександр Ігнат'єв *Метод формування інформативно-позиційної ваги для усічено-позиційної кодової системи представлення трансформованих відеосегментів // Наукоємні технології. 2023. № 2. С. 156-163.*
- [28] Barannik V.V., Karpenko S. *Method of the 3-D image processing. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (IEEE TCSET 2008): proceedings of IEEE International Conference, 2008. P. 378-380.*
- [29] 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/10.1007/978-3-031-24963-1_26*
- [30] Бараннік В.В., Шульгін С.С., Оніщенко 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 : Том 34 (73) № 1, 2023, С 38 – 42.*

METHOD OF ENCODING VIDEO DATA IN SPECTRAL-PARAMETRIC SPACE

Yu. Tsimura¹, A. Kostromytskyi², O. Suhanov³, S. Dumych⁴

¹ Heroiv Krut Military Institute of Telecommunications and Informatization, str. Kyivska, 45/1, Kyiv, 01011, Ukraine.

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

³ Kharkiv National University of the Air Force, str. Sumska, 77/79, 61166, Kharkiv, Ukraine

⁴ Lviv Polytechnic National University, S. Bandery Str., 12, 79013, Lviv, Ukraine

It is shown that the development of modern infocommunication systems is followed by the trend of widespread use of wireless technologies. The level of intellectualization of the protocols of their functioning is increasing. Accordingly, the characteristics of wireless infocommunication technologies for data transmission are increasing. This contributes to their use for data transmission from remote robotic platforms in the process of information support for the functioning of critical infrastructure. It is substantiated that the transmission of video data with the required level of bit intensity on the basis of existing on-board telecommunication technologies is organized under conditions of significant time delays. Consequently, the level of efficiency of information delivery is lost. On the other hand, there are losses in the reliability of video information. It is argued that the option for solving the problem lies in the further development of technologies for encoding video information streams. The most common platform is the JPEG format. However, the city has disadvantages. They refer to the loss of compression levels in the event of a reduction in the potential for detecting psychovisual addictions. The article substantiates an approach for improvement, which consists in the use of an adapted coding technology in the spectral-parametric space. This approach consists in detecting subbands in spectral arrays and their subsequent parameterization with the formation of structural components at a significant level and length. Further processing is proposed to be carried out taking into account the informativeness of segments and reducing the amount of structural redundancy. An approach for constructing a technology for compression of spectral arrays with the detection of spectral sub-bands is substantiated. A model has been created to find the amount of information for transformed segments in the spectral-parametric space. This takes into account the available amount of redundancy, which is established by determining the constraints on the values of structural components. A method for encoding segments in spectral-parametric description has been developed. The main basic components of the method relate to the processing of sets of two-component structural-parametric components, taking into account the peculiarities of their content depending on the presence of quantization processes.

Key words: video encoding, transformant, compression, redundancy reduction