

DOI: 10.18372/2310-5461.60.18269
УДК 004.622: 517.927

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

С. С. Шульгін, канд. техн. наук
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0001-5174-290X
e-mail: sssh.sergey@gmail.com;

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

М. В. Бабенко канд. техн. наук, доцент,
докторант кафедри інформаційно-мережевої інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-2385-2786;
e-mail: mvbab@ukr.net;

Є. С. Єлісєєв
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0002-0953-4397
e-mail: paradox0670@gmail.com

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕГРУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОДУВАННЯ ВІДЕОСЕГМЕНТІВ ДО СТАНДАРТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

Вступ

Розвиток сучасних інфокомунікаційних технологій має достатньо високу динаміку. При цьому постійно збільшується рівень їх наукоємності, використовуються методи та засоби інтелектуального аналізу та штучного інтелекту [1; 2]. Для узгодженості світових інновацій в області інфокомунікацій використовується міжнародна система стандартизації. Стосовно технологій кодування відеоданих найбільш затребуваним є стандартизована платформа JPEG [3; 4]. Реалізація технології має програмну, апаратну та апаратно-програмну компоненти.

Відповідно на ефективність використання стандартизованої платформи впливають ряд факторів, а саме: стан розвитку технологій в області мікроелектроніки, телекомунікацій, радіотехніки, фундаментальних та прикладних досліджень в сфері цифрової обробки та кодування відеоданих [5; 6].

Однак на даний момент не всі означені фактори мають достатній рівень розвитку. Це примушує до необхідності використовувати існуючі зарубіжні технологічні реалізації.

Водночас такий стан характеризується такими особливостями [7; 8]:

- по-перше стримує розвиток певних вітчизняних галузей;
- по-друге існують ризики порушення вимог щодо рівня інформаційної безпеки державних ресурсів;
- по-третє існуючі технології не завжди задовольняють повному переліку вимог, які виникають в умовах воєнного часу та протидії збройної агресії.

Кризовий стан та необхідність зміцнення обороноздатності держави спонукає та прискорює потребу в створенні вітчизняних технологій в сфері інфокомунікацій [9–12].

Проблематика, яка виникає в процесі використання існуючих технологій кодування відеоінформаційних ресурсів пов'язана з наявністю дисбалансу між [13–16]: постійно зростаючим рівнем інтенсивності бітового опису інформаційних потоків та обмеженістю характеристик продуктивності телекомунікаційних технологій, що можливо використовувати в кризових умовах. Звідси виникають протиріччя в процесі інформаційного забезпечення та функціонування систем управління критичною інфраструктурою.

Аналіз сучасних досліджень та постановка завдання

Вирішення функціонального дисбалансу можливе на основі застосування більш ефективних технологій кодування відеоданих [17–20]. Такі технології дозволяють зменшити бітовий об'єм відеоінформаційних потоків. Водночас існуючим концепціям притаманні системні недоліки. Вони зумовлені наявністю дисбалансу [21–25]. З одного боку основний фактор зменшення бітового об'єму відеоданих визначається кількістю психовізуальної (ПСВ) надмірності, яка усувається.

З іншого боку кількість такої надмірності є обмеженою для відеозображень в певних прикладних застосуваннях. Одним з таких прикладів є організація дистанційного моніторингу з використанням безпілотних платформ.

Тоді у разі потреби у додатковому зменшенні бітового об'єму виникає необхідність використання механізмів з такими параметрами, які забезпечують збільшення кількості ПСВ надмірності, що скорочується [26–28]. Відповідно втрачається якість відеозображень та виникають випадки повної або часткової їх руйнації. Інакше означений дисбаланс призводить до втрати оперативності доставки інформаційних потоків [29].

Рішення таких дисбалансів можливе на основі створення технологічних механізмів, які дозволяють усунути більшу кількість надмірності, що не супроводжується погіршенням рівня цілісності відеоінформації.

Тому створення наукоємної бази та відповідних технологічних рішень щодо підвищення ефективності інфокомунікаційних технологій кодування відеоінформаційних потоків є *актуальною науково-прикладною проблематикою*.

Постановка проблеми

Для вирішення сформульованої науково-прикладної проблеми пропонується здійснювати вдосконалення технологій кодування відеозображень за сегментно-орієнтовною концепцією на основі додаткового встановлення та скорочення кількості структурної надмірності. Для розвитку технологій кодування запропоновано використовувати альтернативні підходи [28–30]. При цьому потрібно забезпечити умови, за яких додаткове скорочення кількості структурної надмірності досягається незалежно від використання механізмів усунення ПСВ надмірності. Один з таких напрямків стосується розробки та використання технологій усічено-позиційного кодування в процесі скорочення надмірності трансформованих відеосегментів [30]. Однак дана концепція стосується обробки окремих відеосегментів. Виникає питання необхідності її інте-

грації до стандартизованих платформ. Найбільш проблематичним тут є забезпечення узгодженості особливостей усічено-позиційного кодування з інтерфейсним протоколом стандартизованих платформ.

Звідси *метою дослідження статті* є розробка концепції інтегрування інфокомунікаційної технології кодування відеосегментів до стандартизованих платформ.

Формування технологічних рішень кодування відеосегментів на основі усунення кількості структурної надмірності

Розглянемо розробку технології кодування ковзних нерівномірно-діагональних послідовностей в двовимірному спектральному просторі трансформанти. Таке технологічне рішення забезпечить реалізацію першого шару функціональних перетворень щодо побудови формату компактного представлення відеосегментів [29–31].

Для обробки використовується трансформанта $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, що будується для відеосегменту на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП). Вхідними даними для кодування є послідовності, які утворюються діагоналями $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ спектрального простору. Діагональ $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є нерівномірною, $n_\xi = \text{var}$, та складається компонентами $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$, тобто:

$$Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}\}, \chi = \overline{1, n_\xi},$$

де n_ξ - довжина ξ -ї діагоналі.

В загальному випадку діагональ $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є структурним об'єктом, топологія якого визначається: наявністю нерівності між значеннями $y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)}$, $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ суміжних компонент, тобто: $y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)} \neq y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$; обмеженнями $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$ на діапазон зміни значень спектральних компонент, $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \leq w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} - 1$. Тут $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$ - спектральні діапазони відповідно для першої та інших компонент ξ -ї діагоналі трансформанти.

Кодування базується на основі представлення діагональної послідовності в якості усічено-позиційного числа (УПЧ). В цьому випадку кодове значення $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ знаходиться за виразом:

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \sum_{\chi=1}^{n_\xi} \Delta_\chi V(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}. \quad (1)$$

Тут $\Delta_\chi V(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ - нерівномірно-вагова складова.

Значення величини $\Delta_{\chi}V(\alpha, \beta)_{\tau}^{(\ell, \xi)}$ для елементів УПЧ знаходиться за допомогою формули:

$$\Delta_{\chi}V(\alpha, \beta)_{\tau}^{(\ell, \xi)} = y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)} \times (w'(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)})^{n_{\xi} - \chi} - (w'(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)})^{n_{\xi} - \chi} \times \text{sign}(1 + \text{sign}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)} - y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)})). \quad (2)$$

$$\Delta_{\chi}V(\alpha, \beta)_{\tau}^{(\ell, \xi)} = \begin{cases} (y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-\chi+1, \chi}^{(\ell)} - \text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-\chi+2; \chi-1}^{(\ell)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-\chi+1, \chi}^{(\ell)})) \cdot V(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)}, \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ (y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi, \xi-\chi+1}^{(\ell)} - \text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1, \xi-\chi+2}^{(\ell)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi, \xi-\chi+1}^{(\ell)})) \cdot V(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)}, \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0; \end{cases}$$

2) якщо поточна ξ -а діагональ позиціонується в другому трикутнику відносно головної діагоналі, тобто коли $\xi \geq n + 1$:

$$\Delta_{\chi}V(\alpha, \beta)_{\tau}^{(\ell, \xi)} = \begin{cases} (y(\alpha, \beta, \tau)_{n-\chi+1; \xi-n+\chi}^{(\ell)} - \text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{n-\chi+2; \xi-n+\chi-1}^{(\ell)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{n-\chi+1; \xi-n+\chi}^{(\ell)})) \cdot V(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)}, \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ (y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-n+\chi, n-\chi+1}^{(\ell)} - \text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-n+\chi-1, n-\chi+2}^{(\ell)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{\xi-n+\chi, n-\chi+1}^{(\ell)})) \cdot V(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)}, \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0. \end{cases}$$

Тут $\text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)})$ - функціонал, який визначається, як:

$$\text{truncat}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)}; y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)}) = \text{sign}(1 + \text{sign}(y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi}^{(\ell, \xi)} - y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)})).$$

Отже створено метод кодування для стиснення трансформованих відеосегментів на основі усічено-позиційного представлення в нерівномірно-діагональному форматі. Метод базується на визначенні інформативно-позиційної ваги усічено-позиційного числа.

Обґрунтування факторів узгодженості створеної технології кодування відеосегментів відносно стандартизованого процесу обробки відеокадру

Розроблені технологічні рішення відносяться до обробки окремих відеосегментів з використанням його трансформації до двовимірного спектрального простору. Ефективність таких технологій залежить від перехідного формату відеосегменту, в якому він поступає на безпосереднє кодування. Перехідний формат відеосегменту створюється шляхом виконання попередніх технологічних етапів, що пов'язані з його трансформацією та обробкою. При цьому перехідний формат відеосегменту в порівнянні з початковим має певні переваги. Вони стосуються наступного:

- створюються умови для скорочення більшої кількості надмірності різних типів;
- забезпечуються умови для збереження потрібного рівня цілісності відеоінформації;
- утворюються можливості для зменшення складності алгоритмічних перетворень.

При цьому величина $\Delta_{\chi}V(\alpha, \beta)_{\tau}^{(\ell, \xi)}$ в умовах означеної топології трансформанти в нерівномірно-діагональному просторі визначається співвідношеннями:

1) у разі розміщення поточної ξ -ї діагоналі в першому трикутнику відносно головної діагоналі трансформанти, тобто для $\xi \leq n$:

Відеосегменти є складовими відеокадру та мають певні структурно-статистичні та семантичні особливості. Відповідно відеосегменти мають різне інформативне навантаження та вплив на збереження достовірності інформації. Тому перед початком безпосереднього кодування відеосегменту необхідно виконати послідовність технологічних дій, яка дозволяє адаптувати:

- з одного боку різний структурно-семантичний склад на інформативне навантаження сегменту;
- з іншого боку певні особливості технологічних перетворень процесу кодування відеосегменту.

Отже потрібно враховувати технологічні етапи, які пов'язані з формуванням перехідного формату відеосегменту та його попереднім трансформуванням. Такі етапи є загальними та виконуються до початку безпосереднього кодування відеосегменту. Вони стосуються представлення відеосегменту в такому перехідному форматі, який дозволяє врахувати більше залежностей та властивостей. Відповідно це використовується в процесі скорочення кількості різних видів надмірності. За рахунок чого створюється потенціал для підвищення ефективності загального процесу обробки відеокадрів. В загальному випадку в процесі функціонування технологічного процесу щодо створення перехідного формату відеокадру необхідно враховувати:

1. Тип відеокадру, до якого може відноситись поточний відеосегмент. Отже в загальному випадку може бути кадр одного з трьох типів, а саме: базовий кадр (І-тип), передбачений кадр (Р-тип або В-тип). Даний аспект потрібно враховувати, якщо відеосегмент належить до динамічного відеоресурсу (потоків відеокадрів).

2. Тип кольорової моделі опису відеокадру (наприклад, кольоро-різницевий або RGB).

3. Відношення до кольорової складової (яскравісна або одна з двох монохромних складових);

4. Наявність переформатування макросегменту. Макросегмент може бути в початковому форматі, тобто містити чотири відеосегменти або після проріджування. В цьому випадку відеосегмент може формуватись на основі інтерполяційного опису двох або чотирьох відеосегментів.

5. Наявність попередніх етапів, які пов'язані з усуненням кількості психовізуальної надмірності. Такі етапи супроводжуються внесенням корекцій згідно до особливостей психовізуального сприйняття відеозображень.

Означені аспекти регламентуються стандартизованими процесами обробки відеоданих та впливають на загальну ефективність щодо забезпечення потрібного рівня бітової швидкості та цілісності відео каналу.

Звідси **пропонується** використовувати як базову платформу одну з стандартизованих (рекомендованих) концепцій. В цьому випадку передбачається інтеграція створених технологічних рішень до стандартизованої платформи. З одного боку це дозволить :

1) скоротити час на відлагоджування та компіляцію загального технологічного процесу обробки відеоданих;

2) підвищити адекватність результатів порівняння створеної технології з існуючими;

3) збільшити рівень достовірності результатів оцінювання ефективності розробленої технології;

4) використовувати існуючі стандартизовані підходи до кодування загальних службових відомостей. Відповідно існують умови для збільшення рівня зменшення бітового об'єму відеоданих.

5) створювати умови для використання різних режимів відображення та передачі кодованих відеоданих. Наприклад, режим пакетування, режим меток пріоритетів, режим прогресивного відображення відеозображень.

В той же час з іншого боку для інтеграції створеної технології (СТКВ) необхідно забезпечити її узгодженість з існуючими принципами та концепціями, які використовуються для стандартизованих платформ (СТП).

А саме тут потрібно зважати на:

1. Особливості технологічних етапів обробки, які є:

1) загальними для обох технологій (стандартизованої та створеної). При цьому загальні технологічні підходи можуть виконуватись:

а) попереду процесу обробки відеосегменту;

б) безпосередньо в процесі кодування відеосегменту;

в) після кодування та формування синтаксичного опису компактного представлення відеосегменту. Сюди відносяться:

- формування загального формату компактного представлення всього відеокадру або послідовності відеокадрів;

- технологічні процедури, що використовуються для підготовки потоку даних для передачі в інфокомунікаційних мережах;

2) специфічними для кожного технологічного підходу, тобто стандартизованого та створеного.

2. Особливості інтерфейсу між технологічними етапами, які використовуються: з одного боку для попередньої підготовки відеосегменту; з іншого боку для безпосереднього його кодування.

Тому за базову СПТ необхідно обирати таку платформу, яка має:

- найбільшу сумісність з створеною технологією СКТВ;

- потенціал для її розміщення в своєму складі без внесення значних технологічних змін.

Факторами (вимогами) для сумісності з боку створеної технології є:

- має компонентно-сегментну технологічну структуру процесу обробки відеокадрів. Тобто базовою компонентою для технологічного процесу є відеосегмент;

- наявність технологічного процесу щодо виконання ДКП-перетворення;

- наявність технологічного пакету для реалізації адаптивної стратегії квантування спектрального простору трансформанти. Тобто можливість для зміни стратегії та параметрів процесу квантування спектрального діапазону;

- наявність технологічної лінії, яка допускає обробку компонент трансформанти у форматі цілих позитивних чисел (натуральна множина чисел);

- допускає представлення та окрему обробку інформації щодо знакового простору трансформанти у вигляді двійкової матриці;

- наявність технологічних концепцій відносно упаковки сукупності службових відомостей, а саме : двійкової матриці, яка містить інформацію щодо знакового простору трансформанти; параметрів процесу квантування спектрального діапазону;

- наявність технологічних механізмів відносно контролю зміни довжини кодограми синтаксичного опису компактного представлення трансформанти.

В якості базової СПТ *пропонується* використовувати:

1) платформу JPEG у разі кодування статичних відеокадрів;

2) платформу сімейства H26* у разі кодування потоку відеокадрів.

Це зумовлено такими факторами:

- наявність сумісних технологічних етапів, які використовуються для побудови макросегментної структури відеокадру;

- базової структурною компонентою для кодування є відеосегмент;

- використовуються технології трансформування відеосегментів до двовимірного спектрального простору, в тому числі з використанням ДКП-перетворення;

- передбачається застосування режиму квантування спектрального простору трансформанти;

- наявність технологій кодування службових відомостей, які формуються та використовуються для організації процесів перетворення та обробки компонент трансформанти;

- використовується технологія маркування кодограм трансформанти. Це дозволяє позиціонувати нерівномірну довжину кодограм синтаксичного опису окремих трансформант в загальному бітовому потоці.

Звідси можна стверджувати наступне. Існують умови щодо забезпечення потенціалу для узгодження специфіки створеної системи кодування з існуючими технологічними особливостями стандартизованої концепції.

Відповідно спрощується процес інтеграції (вбудовування) створеної технології кодування відеосегментів до стандартизованого процесу обробки відеокадрів. Тобто створена технологія кодування відеосегментів має достатню сумісність з технологічним процесом, який реалізується на базі платформи JPEG або H26*.

Стандартизований процес обробки відеоданих можна умовно поділити на рівні ієрархії. Кожному рівню ієрархії відповідає структурна складова з певною мірністю за комплектуванням відеосегментів. Відповідно до чого виділяються такі рівні ієрархії стандартизованої платформи:

1) рівень послідовності відеокадрів – має п'ятимірним за комплектуванням відеосегментів;

2) рівень відеокадру - чотиримірним комплектуванням відеосегментів;

3) рівень слайсу (послідовності макросегментів) – є тривимірним архітектурою за компонентою відеосегментів;

4) рівень макросегменту – формує двовимірне комплектування з окремих відеосегментів;

5) рівень відеосегменту – має відповідно одновимірну комплектацію, оскільки формується окремим відео сегментом;

6) рівень компонент спектрального простору трансформанти відповідає першому рівню декомпозиції відеосегменту;

7) рівень двійкового синтаксичного опису компактного представлення трансформанти.

Відповідно до означеної ієрархічності стандартизованої платформи інтеграція створеної технології проводиться на рівень відеосегментів, тобто на одновимірний рівень ієрархії.

Водночас в процесі інтеграції створеної технології в стандартизовану платформу необхідно зважати на наявність специфічних службових відомостей. Означені відомості формуються в процесі усічено-позиційного кодування діагоналей трансформанти. Відповідно вони утворюють допоміжну складову УП-простору трансформанти. В якості таких відомостей використовуються спектральні діапазони компонент окремої діагоналі. Відповідно допоміжна компонента УП-простору формується окремо для кожного відеосегменту.

В цьому випадку виникає *суперечність* між службовими відомостями стандартизованої та створеної технології кодування відеосегментів. Це зумовлено тим, що:

1) по-перше, має місце різниця у походженні службових відомостей. Це визвано тим, що службові дані формуються в результаті встановлення різних типів залежностей в двовимірному просторі трансформанти. Відповідно існує різниця на рівні структурно-параметричного опису векторів службових даних для створеної та стандартизованої платформи кодування, а саме:

- для стандартизованої технології в процесі кодування трансформованих відеосегментів формуються сукупності ймовірнісних (частотних) характеристик. Такі характеристики визначають ймовірність (частість) появи компонент з певним значенням. Відповідно довжина вектору ймовірнісних характеристик є нерівномірною, та залежить від кількості компонент, які мають різні значення, тобто від поточної потужності трансформанти. Для кожного відеосегменту довжина вектору ймовірнісних характеристик може бути різною;

- навпаки, для створеної технології довжина сукупності допоміжних відомостей є фіксованою та визначається кількістю діагоналей в трансформанті. Якщо розмір відеосегментів є фіксованим в процесі обробки відеокадру, то довжина сукупності допоміжних відомостей не змінюється;

2) по-друге, маємо різні підходи щодо додаткової обробки векторів службових даних. Відповідно існує різна концепція відносно формату синтаксичного опису векторів службових даних та різні вимоги щодо бітового об'єму, який при цьому витрачається (надається або резервується). Це полягає в наступному:

- для стандартизованої технології передбачається додаткова обробка векторів службових даних з врахуванням зміни статистичної моделі контекстного опису трансформанти. Отже це забезпечує зменшення бітового об'єму, який витрачається на представлення службових даних;

- навпаки для створеної технології додаткова обробка допоміжної компоненти УП-простору трансформанти не проводиться.

Тому для підвищення сумісності (локалізації означеної суперечності) між створеною та стандартизованою платформами обробки відеосегментів *пропонується* розробити технологію додаткового кодування сукупності спектральних діапазонів діагоналей трансформанти в УП-просторі.

Це створить умови для:

- зменшення загального бітового об'єму синтаксичного опису відеосегменту;

- забезпечення додаткових умов щодо сумісності зі стандартизованим процесом обробки відеоданих в умовах наявності специфічних службових відомостей;

- забезпечення узгодженості для варіанту динамічної обробки послідовності відеосегментів, а саме для: рівня макросегментів; групи відеокадрів у відео потоці; послідовності (слайсу) передбачених кадрів.

Висновки

Обґрунтовано можливість інтеграції створеної технології на рівень кодування відеосегментів стандартизованого процесу обробки відеокадрів. Це забезпечується наявністю:

1) потенціалу щодо забезпечення сумісності між створеною технологією кодування відеосегментів та стандартизованою платформою обробки відеокадрів, а саме:

а) з одного боку наявність стандартизованих технологічних рішень відносно:

- реалізації загальних етапів обробки трансформованих відеосегментів, в тому числі: ДКП-перетворення; квантування спектрального діапазону трансформанти; представлення компонент квантованої трансформанти в форматі натуральних чисел;

- упаковки службових відомостей;

- механізмів маркування нерівномірних кодограм трансформанти для їх позиціонування в загальному бітовому потоці;

б) з іншого боку наявність таких властивостей для створеної технології кодування, як:

- кодування компонент трансформанти, представлених в форматі натуральних чисел з передумовою окремої обробки відомостей відносно їх знаку (позитивні або негативні);

- позиціонування кодограми в загальному бітовому потоці не потребує залучення додаткових відомостей;

- кодові конструкції діагоналей трансформанти мають потенціал відносно локалізації руйнівної дії каналних помилок в процесі відновлення відеосегментів;

- кількість типових сукупностей службових відомостей співпадає з умовами стандартизованої технології;

- допускається використання квантованого спектрального простору;

2) можливості для побудови технології кодування сукупностей допоміжних компонент усічено-позиційного простору, що створює умови для забезпечення параметричної сумісності між специфічними сукупностями службових відомостей кожної технологічної концепції (створеної та стандартизованої).

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. Mehrmahad. *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., Рєва 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 усичено-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. PP. 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), 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 текстурую. *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>.

Бараннік В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Бабенко М. В., Єлісєєв Є. С. КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕГРУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОДУВАННЯ ВІДЕОСЕГМЕНТІВ ДО СТАНДАРТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

В статті доводиться необхідність створення та розвитку вітчизняних інфокомунікаційних технологій кодування. Це зумовлено наявністю в процесі використання існуючих технологій кодування відеоінформаційних ресурсів проблематики Вона пов'язана з виникненням дисбалансу між: постійно зростаючим рівнем інтенсивності бітового опису інформаційних потоків та обмеженістю характеристик продуктивності телекомунікаційних технологій, що можливо використовувати в кризових умовах. Доводиться підхід до вирішення дисбалансу. Це можливе на основі застосування більш ефективних технологій кодування відеоданих. Такі технології дозволяють зменшити бітовий об'єм відеоінформаційних потоків. Однак, як показано в статті, існуючим концепціям притаманні системні недоліки. Вони зумовлені наявністю дисбалансу. З одного боку основний фактор зменшення бітового об'єму відеоданих визначається кількістю психовізуальної (ПЦВ) надмірності. З іншого боку кількість такої надмірності є обмеженою для відеозображень в певних прикладних застосувань. В статті пропонується здійснювати вдосконалення технологій кодування відеозображень за сегментно-орієнтовною концепцією на основі додаткового встановлення та скорочення кількості структурної надмірності. Стверджено, що відповідний напрямок стосується розробки та використання технологій усічено-позиційного кодування в процесі скорочення надмірності трансформованих відеосегментів. Однак дана концепція стосується обробки окремих відеосегментів. Виникає питання необхідності її інтеграції до стандартизованих платформ. Обґрунтовано можливість інтеграції створеної технології на рівень кодування відеосегментів стандартизованого процесу обробки відеокадрів. Це забезпечується наявністю потенціалу щодо: забезпечення сумісності між створеною технологією кодування відеосегментів та стандартизованою платформою обробки відеокадрів; можливості для побудови технології кодування сукупностей допоміжних компонент усічено-позиційного простору. Це створює умови для забезпечення параметричної сумісності між специфічними сукупностями службових відомостей кожної технологічної концепції.

Ключові слова: інфокомунікаційні технології кодування, відеоінформаційний ресурс, усічено-позиційне число, діагональ трансформанти.

Barannik V., Shulgin S., Onyshchenko R., Babenko M., Eliseev E. THE CONCEPT OF INTEGRATING INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGY FOR ENCODING VIDEO SEGMENTS INTO STANDARDIZED PLATFORMS

The article proves the necessity of creation and development of domestic infocommunication coding technologies. This is due to the presence in the process of using existing technologies for encoding video information resources of the

problems It is associated with the emergence of an imbalance between: the constantly increasing level of intensity of the bit description of information flows and the limited performance characteristics of telecommunication technologies, which can be used in crisis conditions. An approach to resolving imbalances is proved. This is possible through the use of more efficient video encoding technologies. Such technologies make it possible to reduce the bit volume of video information streams. However, as shown in the article, existing concepts are characterized by systemic shortcomings. They are due to the presence of an imbalance. On the one hand, the main factor in reducing the bit volume of video data is determined by the amount of psychovisual (PSV) redundancy. On the other hand, the amount of such redundancy is limited for video images in certain applications. The article proposes to improve the technologies of video image encoding according to the segment-oriented concept on the basis of additional establishment and reduction of the number of structural redundancy. It is argued that the relevant direction concerns the development and use of truncated-positional coding technologies in the process of reducing the redundancy of transformed video segments. However, this concept refers to the processing of individual video segments. The question arises of the need to integrate it into standardized platforms. The possibility of integration of the created technology at the level of encoding of video segments of the standardized process of video frame processing is substantiated. This is ensured by the availability of the capacity to: ensure interoperability between the created video segment encoding technology and the standardized video frame processing platform; possibilities for constructing a technology for encoding sets of auxiliary components of truncated-positional space. This creates conditions for parametric compatibility between specific sets of service information of each technological concept.

Keywords: Infocommunication Technologies of Coding, Video Information Resource, Truncated-Positional Number, Diagonal Transformants.

Стаття надійшла до редакції 11.11.2023 р.
Прийнято до друку 19.12.2023 р.