

DOI: 10.18372/2310-5461.54.16749

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;

Ю. М. Бабенко
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0002-8115-3329
e-mail: babenkomahalych@gmail.com;

В. В. Бараннік
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-3516-5553
e-mail: valera462000@gmail.com;

В. О. Колесник
Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
orcid.org/0000-0001-7919-4255
e-mail: faer777sky@gmail.com

МЕТОД КОДУВАННЯ ЗНАЧИМИХ ЗА ВПЛИВОМ НА СЕМАНТИЧНУ ЦІЛІСНІСТЬ ВІДЕОСЕГМЕНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ

Вступ

Питання щодо забезпечення обороноздатності держави, стабільного функціонування різних її галузей, та в першу чергу систем критичної інфраструктури (СКІ), пов'язані з ефективним налагодженням та всебічною організацією інформаційного забезпечення.

Головним завданням інформаційного забезпечення є своєчасне забезпечення авторизованих користувачів необхідною і достовірною інформацією в потрібному обсязі та якістю за семантичним змістом [1; 2].

Вирішення цього завдання стає вкрай важливим особливо в кризових ситуаціях та умовах воєнного стану.

Одним із затребуваних видів інформаційного ресурсу є відеоінформація або відеоресурс (ВІР). Для забезпечення потреб процесу функціонування та управління СКІ використовуються різні формати відеокадрів [3-6].

Найвний діапазон розмірів відеокадрів обумовлено необхідністю забезпечити інформацією з потрібним рівнем повноти (деталізації) для вирішення різних класів завдань в процесі функціонування та управління СКІ, в тому числі в умовах запровадження воєнного стану. Тому відеоресурс для існуючих умов життя-діяльності держави набирає чинності державного ВІР [7-10].

Отже, звідки випливає, що забезпечення безпеки ВІР є невід'ємною складовою загального комплексу завдань щодо підвищення обороноздатності держави. Тут одні з вагових категорій відносно забезпечення безпеки відеоресурсів в тому числі з використанням телекомунікаційних технологій є доступність та цілісність [11 - 12].

У кризових умовах та умовах воєнного стану найбільш значимим джерелами загроз постають ті, що зумовлені дією зовнішніх факторів. Сюди перш за все потрібно віднести руйнівні дії противника (протидіючої сторони).

Водночас окрім зовнішніх факторів загрози втрати доступності, цілісності ВІР можуть виникати безпосередньо в процесі його обробки та передачі з використанням інфокомунікаційних систем (ІКС) під час управління в СКІ. Цьому сприяють порушення роботи служб підтримки відео сервісів та умов функціонування ІКС. Означені фактори зумовлені [11 - 15]:

- збільшенням вимог щодо якісних характеристик ВІР (повнота ВІР, розміри відеокадрів, частота відеокадрів в одиницю часу), зниження часових затримок, збільшення складності по їх обробці;

- обмеженістю часу, який витрачається на сеанс відеозв'язку або передачі ВІР.

Водночас за допомогою сучасних ІКС створюються можливості щодо забезпечення доступності ВІР згідно відповідних вимог лише у разі, якщо відеокадри відповідають форматам СІF, ЕD, а швидкість передачі не менш ніж 2 Мбіт/с та для форматів HD зі швидкістю їх передачі не менш ніж 10 Мбіт/с. Навпаки у разі, якщо ВІР утворюється відеокадрами з високою деталізацією (формат 4K та більше), то загальні часові затримки в процесі забезпечення доступності ВІР сягають десятків або сотень секунд [12 – 16].

Звідки діючі ІКС не можуть повною мірою створити умови для забезпечення доступності ВІР з врахуванням сучасних вимог щодо повноти та цілісності інформації. Отже враховуючі наявність кризових ситуацій та умов військового стану можна стверджувати те, що у разі використання існуючих та перспективних ІКС існують загрози втрати безпеки ВІР за категоріями доступності та цілісності. На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що підвищення доступності відеоресурсу з використанням інфокомунікаційних систем під час управління та функціонування систем критичної інфраструктури складає **актуальну науково-прикладну задачу**.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження складових часових затримок, які виникають в процесі забезпечення доступності ВІР дозволяють встановити, що ключовим чинником тут є збільшення бітових об'ємів відеокадрів. Звідки для вирішення науково-прикладної задачі **пропонується** використовувати технології стиску (зменшення бітового об'єму ВІР) [3; 13; 14; 17 – 22].

Однак існуючі стандартизовані технології стиску не створюють в повній мірі можливості щодо забезпечення доступності ВІР в умовах збереження достатнього рівня цілісності інформації, а саме [15-25]:

- 1) використання стандартизованих технологічних рішень забезпечує рівень стиснення, який може перевищувати 30 - 40 разів. Однак з іншого боку тут проявляється найбільші спотворення, аж до повної руйнації відеокадру (*втрата цілісності ВІР*);

- 2) додаткове визначення інших видів надмірності, саме таких, що не впливають на виникнення помилок, та застосування їх в стандартизованих процесах на етапі кодування даних в спектральному просторі виявило те, що їх роль в загальній стандартизованій технології має певні обмеження. Відповідно зниження об'єму відносно загального рівня не перевищує 30 %. А для насичених відеокадрів — 10 %. Це є чинником, який призведе до значних сумарних (*total*) часових затримок t_{total} в процесі забезпечення доступності ВІР з використанням інфокомунікаційних мереж в умовах забезпечення достатнього рівня цілісності ВІР, який за піковим відношенням сигнал/шум (ПСНР) визначається оцінкою в 35 дБ.

Постановка завдання

Подальший розвиток технологій стиску пропонується проводити базуючись на стандартизовані концепції. Такий підхід полегшує процес подальшої верифікації інноваційних реалізацій. В цьому напрямку **пропонується** в процесі стандартизованої обробки відеокадрів додатково враховувати нерівномірність розподілу рівня насиченості деталізуючої інформації [26-29]. Такий етап дозволить створити умови для подальшого встановлення наступних технологічних реалізацій, а саме щодо визначення ділянок відеокадру [25–28]:

- з незначним впливом на збереження семантичної цілісності (ЗСЦ) ВІР (достатній рівень цілісності ВІР). Для таких ділянок утворюються можливості відносно: по-перше, виключення етапу пов'язаного з виконанням дискретного косинусного перетворення (ДКП-перетворення); по-друге, досягнення найбільшого рівня зниження бітового об'єму. Узагальнюючі наведені можливості можна стверджувати те, що з'являється потенціал щодо зниження сумарних часових затримок по обробці та передачі кодованих ділянок з достатнім рівнем їх цілісності;

- з суттєвим впливом на ЗСЦ ВІР. Відповідно чому, для таких ділянок створюються умови для

забезпечення потрібного рівня цілісності інформації. Ділянкам відеокадру з означеними властивостями характерні певні особливості щодо структурних та статистичних обмежень, які враховуються стандартизованими процесами кодування. Відповідно утворюється потенціал відносно удосконалення методів кодування даних в спектральному просторі, які пов'язано з встановленням структурно-статистичних властивостей та скороченням кількості надмірності відповідного типу. Тобто тут з'являється можливість встановлення більш адекватних моделей опису реальним СС властивостям визначених ділянок відеокадру.

При цьому для зниження кількості арифметичних операцій, які додатково потрібно витратити на типізацію ділянок відеокадру **пропонується** використовувати властивості структурно-статистичного (СС) характеру на основі встановлення та параметризації областей допустимої корекції (ОДК), в тому числі тут розуміється області незначної зміни значень елементів яскравісної або кольорових складових [30; 31]. Відповідно зміна рівня насиченості ділянки деталізуючою інформацією буде проявлятися у адекватній зміні розмірів ОДК. Таким чином, **мета статті** полягає у розробці методу кодування сегментів, що є значимими за впливом на цілісність відеоресурсів, для підвищення доступності.

Створення методу синтаксичного уявлення значимих сегментів, мікросегменти яких мають суттєвий рівень структурно-статистичної насиченості

У процесі створення компактного синтаксичного уявлення цілком значимих за впливом на ЗСЦ сегментів потрібно враховувати те, що для збільшення стійкості кодограм, які несуть інформацію про довжини $\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}$ ланцюгів допустимої корекції (ЛДК) масиву спектральних компонент (МСК) необхідно використовувати або рівномірні кодові конструкції або такі, довжини яких можна контролювати. Такі конструкції не потребують використання механізму префіксності. Їх маркування повинне досягатись шляхом використання тільки той інформації, що використовується безпосередньо в процесі формування кодограм. Одним з таких напрямків є побудова блочних кодограм $G_y(\ell; u)_{i, j}$. Блочні кодограми формуються для всієї послідовності даних.

У нашому випадку єдина блочна кодограма $G_y(\ell; u)_{i, j}$ формується для всієї сукупності $L(y; u)_{i, j}$ довжин $\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}$ ЛДК.

Пропонується будувати кодограму $G_y(\ell; u)_{i, j}$ за принципом розміщення в ній єдиного коду $E_y(\ell; u)_{i, j}$. Відповідно код $E_y(\ell; u)_{i, j}$ отримується за рахунок вагових коефіцієнтів $w(\ell; u)_\alpha^{(i; j)}$ окремих елементів в позиційному просторі за обмеженням на максимальну довжину $\lambda(\ell; u)$ ЛДК $Y(u)^{(a)}$. Код будується для всіх компонент сукупності $L(y; u)_{i, j}$ поточного МСК u -го мікросегменту. Для цього використовується такий вираз :

$$E_y(\ell; u)_{i, j} = \sum_{\alpha=2}^{v(u)-1} \ell(y; u)_\alpha^{(i; j)} w(\ell; u)_\alpha^{(i; j)}. \quad (1)$$

Величина $w(\ell; u)_\alpha^{(i; j)}$ ваги елементу $\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}$ в загальному випадку визначається функціоналом ϕ_w [14; 32],

$$w(\ell; u)_\alpha^{(i; j)} = j_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; \alpha); \alpha)$$

аргументами якого є :

а) позиція α поточного елементу $\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}$ в послідовності $L(y; u)_{i, j}$;

б) значення $\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha)$ максимальної довжини ЛДК в u -му МСК, де Ω_α — множина індексів α' ланцюгів допустимої корекції, яким відповідає найбільша довжина в сукупності $L(y; u)_{i, j}$:

$$\begin{aligned} \lambda(\ell; u; \Omega_\alpha) &= \\ &= \max_{\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)} \in L(y; u)_{i, j}} (\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}) = \ell(y; u)_{\alpha'}^{(i; j)}, \\ &\alpha' \in \Omega_\alpha : \ell(y; u)_{\alpha'}^{(i; j)} = \lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); \end{aligned}$$

в) кількості $v(\ell; \alpha)$ елементів сукупності $L(y; u)_{i, j}$, які позиціонуються ліворуч відносно поточного елементу $\ell(y; u)_\alpha^{(i; j)}$.

Тоді вираз для величини $E_y(\ell; u)_{i, j}$ набере такого вигляду :

$$E_y(\ell; u)_{i, j} = \sum_{\alpha=2}^{v(u)-1} \ell(y; u)_\alpha^{(i; j)} \cdot j_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; \alpha); \alpha). \quad (2)$$

Кількість $V_y(\ell; u)_{i,j}$ біт на представлення такого блочного коду $G_y(\ell; u)_{i,j}$ скорочується за рахунок того, що довжини $\ell(y; u)_\alpha^{(i;j)}$ ЛДК для МСК значимих за рівнем СС насиченості мікро-сегментів мають низьку довжину, тобто:

$$\ell(y; u)_\alpha^{(i;j)} \rightarrow 1, \text{ якщо } \delta_{\min} < \delta(x; u) \leq \delta_{\max} \\ \text{або } \delta(x; u) > \delta_{\max}.$$

Тут $\delta(x; u)$ квадратична міра (класифікатор), яка визначається за формулою :

$$\delta(x; u) = v_{ld}^{(u)} n^2 / \left(\sum_{\alpha=1}^{v_{ld}^{(u)}} \ell(u)_\alpha^2 \right),$$

та дозволяє встановити рівень структурно-статистичної насиченості u -го мікросегменту за сукупністю параметрів $\bar{\ell}(u)_\alpha$, $\alpha = 1, \bar{v}_{ld}^{(u)}, \bar{v}_{ld}^{(u)}$ його областей ДК шляхом співвідношення з межами $\delta_{\max}, \delta_{\min}$ діапазону значимості.

Відповідно тут найбільша кількість надмірності усувається за рахунок наявності структурних обмежень для довжин ЛДК.

При цьому для визначення кількості $V_y(\ell; u)_{i,j}$ біт на синтаксичне уявлення коду $G_y(\ell; u)_{i,j}$ **пропонується** користуватись властивістю величин $E_y(\ell; u)_{i,j}$, а саме їх залежністю від ваги $w(\ell; u)_\alpha^{(i;j)}$ компонент $\ell(y; u)_\alpha^{(i;j)}$. Означена властивість є слідством того, що компоненти $\ell(y; u)_\alpha^{(i;j)}$ мають обмежену довжину, яка визначається значенням $\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha)$, або [32] :

$$\begin{cases} \ell(y; u)_\alpha^{(i;j)} < \lambda(\ell; u; \Omega_\alpha), \rightarrow \alpha' \notin \Omega_\alpha; \\ \ell(y; u)_\alpha^{(i;j)} = \lambda(\ell; u; \Omega_\alpha), \rightarrow \alpha' \in \Omega_\alpha. \end{cases}$$

Звідки величина $E_y(\ell; u)_{i,j}$ буде обмежена зверху значенням функціонала $j_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; \alpha); \alpha)$ в точці $\alpha = 1$, тобто [32] :

$$E_y(\ell; u)_{i,j} \leq j_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; 1); 1).$$

При цьому знак « \Rightarrow » буде тоді, коли до множини Ω_α потрапляють довжини ЛДК всіх компонент сукупності $L(y; u)_{i,j}$, або:

$$E_y(\ell; u)_{i,j} = \varphi_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; 1); 1), \\ \text{якщо } |\Omega_\alpha| = v(u) - 2,$$

де $|\Omega_\alpha|$ — об'єм множини Ω_α ; $v(u) - 2$ — кількість компонент в сукупності $L(y; u)_{i,j}$, тобто кількість ЛДК, які формуються для u -го МСК, з виключенням першої та останньої компонент.

Із урахуванням такої властивості кількість $V_y(\ell; u)_{i,j}$ біт на синтаксичне уявлення кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ визначається за наступною формулою [32] :

$$V_y(\ell; u)_{i,j} = \\ = [\log_2 \varphi_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; 1); 1)] + 1,$$

де $[\log_2 \varphi_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; 1); 1)]$ — ціле значення від дійсного значення функції $\log_2 \varphi_w(\lambda(\ell; u; \Omega_\alpha); v(\ell; 1); 1)$.

Зрозуміло, що за рахунок обмеженості довжин ЛДК в умовах обробки значимих мікросегментів за рівнем СС насиченості, буде виконуватись наступна нерівність :

$$V_y(\ell; u)_{i,j} \lll 8 \cdot (v(u) - 2).$$

Тут $8 \cdot (v(u) - 2)$ — кількість біт, яке витрачається на синтаксичний опис компонент сукупності $L(y; u)_{i,j}$ у разі їх рівномірного кодування по 8 біт кожна.

Звідки стверджується, що кількість біт, яке поступає на послідуочу обробку значно скорочується.

Навпаки, на відміну від довжин ЛДК, для їх значимих компонент $k(y; u)_\alpha^{(i;j)}$ у разі, якщо u -й мікросегмент має значний рівень СС насиченості, проявляється збільшення діапазону їх значень. А, отже :

$$k(y; u)_\alpha^{(i;j)} : \log_2 k(y; u)_\alpha^{(i;j)} \rightarrow 8, \text{ якщо}$$

$$S(X)_{i,j} = S'(X)_{i,j}, \text{ тобто коли} \\ \text{sign}(v_{hl} + v_{ml}(v_{ml} - 1)) = 1.$$

Водночас у результаті адаптивного процесу квантування елементів МСК та грубої шкали щодо визначення рівня СС насиченості мікросегментів, для кодового уявлення їх довжин ЛДК утворюється зайва кількість старших біт. Така кількість визначається із умови, що

$$v(k; u)_\alpha^{(i;j)} = [\log_2 k(y; u)_\alpha^{(i;j)}] + 1 < 8.$$

Тут $v(k; u)_\alpha^{(i;j)}$ — кількість біт для синтаксичного уявлення кодограми $g(k; u)_\alpha^{(i;j)}$, що містить значення компоненти $k(y; u)_\alpha^{(i;j)}$.

Сукупність кодограм $g(k; u)_a^{(i;j)}$ для всіх значимих компонент $k(y; u)_a^{(i;j)}$ послідовності $K(y; u)_{i,j}$ з врахуванням наявності зайвої кількості біт позначається, як $G_y(k; u)_{i,j}$.

Для визначення мінімальної зайвої кількості $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ біт для кожної компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$ сукупності $K(y; u)_{i,j}$ можливі два варіанти.

Перший варіант. Для обчислення величини $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ **пропонується** застосовувати формулу для знаходження мінімального значення серед значень кількості $\Delta v(k; u)_a^{(i;j)}$ зайвих біт кожної значимої компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$, тобто :

$$\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)} = \min_{k(y; u)_a^{(i;j)} \in K(y; u)_{i,j}} (\Delta v(k; u)_a^{(i;j)}),$$

де $(\Delta v(k; u)_a^{(i;j)})$ — кількість зайвих біт для компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$, що визначається із наступної умови:

$$\Delta v(k; u)_a^{(i;j)} = 8 - [\log_2 k(y; u)_a^{(i;j)}] + 1.$$

У подальшому величину $\lambda(k; u)$ будемо позначати, як **нижнім обмеженням на зайву кількість старших біт в кодограмах** компонент $k(y; u)_a^{(i;j)}$ сукупності $K(y; u)_{i,j}$. Таке обмеження дозволяє визначати кількість $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ зайвих старших біт для кожної компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$ без залучення додаткової службової інформації. Зрозуміло, що в цьому випадку кількість $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ зайвих біт для кожної компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$ буде рівномірною, тобто :

$$\Delta v(k; u)_2^{(i;j)} = \dots = \Delta v(k; u)_a^{(i;j)} = \dots = \Delta v(k; u)_{v(u)-1}^{(i;j)} = \Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$$

Така особливість формування кодограм $g(k; u)_a^{(i;j)}$ для значимих компонент $k(y; u)_a^{(i;j)}$ ЛДК дозволяє додатково скорочувати відповідну надмірність. Для цього **пропонується** розміщувати в зайвих бітах складові $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ довжин $\ell(y; u)_a^{(i;j)}$ ЛДК. Таке розміщення **пропонується** виконувати за допомогою оператора Φ_{cdis} кодової диз'юнкції (code disjunction). Означений оператор Φ_{cdis} в якості аргументів має дві кодові послідовності

$\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ та $g(k; u)_a^{(i;j)}$. Відповідно вихідним є кодова послідовність $g'(k; u)_a^{(i;j)}$, яка на позиціях зайвих біт містить бітову послідовність $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$, тобто :

$$g'(k; u)_a^{(i;j)} = g(k; u)_a^{(i;j)} \vee \Delta g(\ell; u)_{i,j}.$$

Зрозуміло, що тут бітова довжина складової $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ дорівнює величині $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$. Кодові конструкції $G'_y(k; u)_{i,j}$, які при цьому утворюються **визначаються** як $G'_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)} = \{g'(k; u)_a^{(i;j)}\}$, $\alpha = \overline{2, v(u) - 1}$. Тут $G'_y(k; u)_{i,j}$ — кодова конструкція, що будується на основі послідовності кодограм для значимих компонент, після розміщення в їх зайвих бітах складових $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ єдиної кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ сукупності довжин ЛДК, за допомогою кодової диз'юнкції.

У цьому випадку кодові перетворення, що реалізують процес формування кодової конструкції $G'_y(k; u)_{i,j}$, задаються наступною послідовністю операційних дій :

1. Формується рівномірне кодове $g(k; u)_a^{(i;j)}$ уявлення значимих компонент $k(y; u)_a^{(i;j)}$ ЛДК сукупності $K(y; u)_{i,j}$. У цьому випадку розклад біт визначається із розрахунку 8 біт/компонента, та містить в собі зайву кількість біт.

2. Створюються послідовність 8 бітних кодів, кількість яких для u -го мікросегменту дорівнює величині $(v(u) - 2)$ (не враховуються перша DC-компонента $k(y; u)_a^{(i;j)}$). Кожна така кодограма для окремої компоненти $k(y; u)_a^{(i;j)}$ позначається, як $g(k; u)_a^{(i;j)}$.

3. Визначається мінімальне зайва кількість $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ біт, як загальна рівномірна величини для кожної кодограми $g(k; u)_a^{(i;j)}$.

4. Формується єдине кодове $G_y(\ell; u)_{i,j}$ представлення для послідовності довжин $\ell(y; u)_a^{(i;j)}$ ЛДК. Для цього визначається величина $E_y(\ell; u)_{i,j}$.

Вона отримується за рахунок вагових коефіцієнтів $w(\ell; u)_a^{(i;j)}$ окремих елементів в позицій-

ному просторі за обмеженням на максимальну довжину $\lambda(\ell; u)$ ЛДК $Y(u)^{(a)}$.

5. Здійснюється декомпозиція довжини $V_y(\ell; u)_{i,j}$ кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ на складові $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$. Це описується наступним співвідношенням :

$$G_y(\ell; u)_{i,j} = v(\ell)\Delta g(\ell; u)_{i,j},$$

де $v(\ell)$ — кількість складових $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$, на які розбивається кодограма $G_y(\ell; u)_{i,j}$.

Бітова довжина $\Delta v(\ell; u)_{i,j}$ таких складових $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ визначається відповідно до величини $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$, тобто :

$$\Delta v(\ell; u)_{i,j} = \Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}.$$

Отже тоді маємо

$$V_y(\ell; u)_{i,j} = v(\ell)\Delta v(\ell; u)_{i,j} = v(\ell)\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}.$$

Величина $v(\ell)$ оцінюється за допомогою наступного співвідношення :

$$v(\ell) = \left\lceil \frac{V_y(\ell; u)_{i,j}}{\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}} \right\rceil + 1.$$

6. Організується усунення зайвої кількості $\Delta v(k; u)_{\min}^{(i;j)}$ біт за допомогою оператора Φ_{cdis} кодової диз'юнкції шляхом додавання складової $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ до коду $g(k; u)_a^{(i;j)}$. Таке перетворення задається наступним виразом :

$$g'(k; u)_a^{(i;j)} = \Phi_{cdis}(g(k; u)_a^{(i;j)}; \Delta g(\ell; u)_{i,j}).$$

7. Будується кодова конструкція $G'_y(k; u)_{i,j}$, яка містить послідовності кодограм для значимих компонент, після розміщення в їх зайвих бітах складових $\Delta g(\ell; u)_{i,j}$ єдиної кодограми $G_y(\ell; u)_{i,j}$ сукупності довжин ЛДК, за допомогою кодової диз'юнкції.

Висновки

1. Обґрунтовано та розроблено метод компактного синтаксичного уявлення сегментів відеокадрів, які є значимими за впливом на збереження СЦ ВІР, та не містять мікросегментів, що мають не значимий рівень СС насиченості. Метод базується на виконанні наступних техно-

логічних операцій : визначення мінімальної рівномірної кількості зайвих біт для кожної значимої компоненти ЛДК масиву спектральних компонент; формування єдиної блочної кодограми для всієї сукупності довжин ЛДК за принципом розміщення в ній єдиного коду, що отримується за рахунок вагових коефіцієнтів окремих елементів в позиційному просторі за обмеженням на максимальну довжину ЛДК; розбиття єдиної кодограми для сукупності довжин ЛДК МСК на підкодограми, довжина яких відповідає рівномірній мінімальній кількості зайвих біт; усунення зайвої кількості біт в кодограмах значимих компонент шляхом їх кодової диз'юнкції з відповідними за довжиною підкодограмами сукупності довжин ЛДК МСК.

2. Зменшення бітового об'єму досягається на основі скорочення в процесі кодування кількості надмірності наступних видів : структурної за обмеженням на максимальну довжину ЛДК в МСК; кодової за наявності зайвої кількості старших біт в кодограмах значимих компонент.

Побудована таким чином кодова конструкція має складові, які мають наступні властивості : довжина складових визначається за рівномірним принципом, тобто із розрахунку 8 біт/компонента; інформація в компактного вигляді про довжини ЛДК розподіляється по рівномірним кодовим конструкціям за рівномірним принципом (тобто рівномірними частинами) в результаті операції кодової диз'юнкції.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Бурячок В. Л., Гулак Г. М., Хорошко В. О. Завдання, форми та способи ведення воєн у кібернетичному просторі. *Наука і оборона*. 2011. № 3. С. 35–42.
- [2] Бурячок В. Л. Основи формування державної системи кібернетичної безпеки: Монографія. К.: НАУ, 2013. 432 с.
- [3] Баранник В. В., Власов А. В. Обоснование значимых (актуальных) угроз безопасности видеoinформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления. Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 2014. № 3. С. 107–114.
- [4] 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.
- [5] Barannik V., Shulgin S., Krasnorutsky A., Slobodyanyuk O., Gurzhii P., Korolyova N.

- Methodological Fundamentals of Deciphering Coding of Aerophotography Segments on Special Equipment of Unmanned Complex. *IEEE Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings IEEE 2nd International Conference. 2020. P. 38–43. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349257.
- [6] Barannik V. Technology for Protecting Video Information Resources in the Information Space. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings IEEE 2nd International Conference. 2020. P. 29–33. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349324
- [7] Barannik V., Sidchenko S., Barannik N., Barannik V. Development of the method for encoding service data in cryptocompression image representation systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologic*. 2017. Vol. 3. № 9 (111). P. 112 – 124.
- [8] 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>.
- [9] Tsai Ch.-L., Chen Ch.-J., Hsu W.-L. Multimorphological 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.
- [10] Tatyana Belikova, Albert Lekakh, Oleksii Dovbenko, Oleksandr Dodukh. 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.
- [11] 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.
- [12] Barannik Vladimir, Hahanova Anna, Krivonos Vladimir. Coding tangible component of transforms to provide accessibility and integrity of video data. *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*: proceedings of the International Symposium, 2013. P. 1-5. DOI: 10.1109/EWDTS.2013.6673179.
- [13] Vladimir Barannik, Victoriya Himenko, Natalia Barannik, Vitaliy Tverdokhlib, Yurii Babenko. Method of coding dynamic sequence of frame-spline structures of provided frames in info-communications. *IEEE 4rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (IEEE AICT 2021)*. 2021. P. 414–418
- [14] Бараннік В.В., Шульгін С.С., Бараннік Н.В., Бабенко Ю.М., Пугачев Р.В. Проблематичні аспекти забезпечення дистанційного відеосервісу в кризовій ситуації. *Кібербезпека. освіта, наука, техніка*. 2020. №1(1). С. 13 – 22.
- [15] Kurihara K., Watanabe O., Kiya H. An encryption-then-compression system for JPEG XR standard. *Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*: proceedings of the IEEE International Symposium, 2016. P. 1–5. DOI: 10.1109/BMSB.2016.7521997.
- [16] Barannik V., Himenko V., Babenko Yu., Hahanova A., Fustii V. Technology of Composite Code Forming in The Spatial-Spectral Description Significant Microsegments. *Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET 2020)*: proceedings of IEEE 15th International Conference. 2020. P. 703–706. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235523.
- [17] Zhou J., Liu X., Au O. C., 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.
- [18] 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.
- [19] Barannik V. Babenko Yu., Kulitsa O., Barannik V., Khimenko V., Matviichuk-Yudina O. Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings of IEEE 2nd International Conference, 2020. P. 52–56. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349256.
- [20] Odarchenko Roman, Gnatyuk Viktor, Gnatyuk Sergiy, Abakumova Anastasiia. 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>.
- [21] Barannik V., Barannik N., Khimenko V. 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>.
- [22] Minemura K., Moayed Z., Wong K., Qi X., 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>.
- [23] Barannik V., Barannik V., Havrylov D., Sorokun A. Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method. *Advanced Information and Communications Technologies (AICT'2019)*: proceedings of the 3rd International Conference, 2019. P. 54–57. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847897.
- [24] Barannik Valeriy. Fast Coding of Irregular Binary Binomial Numbers with a Set Number of Units Series. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020. P. 72–76. <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349356>.
- [25] Barannik D. Stegano-Compression Coding in a Non-Equalible Positional Base. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020. P. 83–86. <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349328>.
- [26] Barannik V., Barannik N., Barannik D. 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 15th IEEE International Conference, 2020. P. 699–702. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235522>.
- [27] Barannik V., Belikova T., Gurzhiy P. The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents. *Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2019)*: proceedings of the IEEE International Conference, 2019. P. 656–661. <https://doi.org/10.1109/ATIT49449.2019.9030432>.
- [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., Hahanova A., Slobodyanyuk A. Architectural presentation of isotopic levels of relief of images. *Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)*: proceedings of IEEE 10th International Conference, 2009, P. 385–387.
- [30] Баранник В.В., Власов А.В. Модель загроз безпеки відеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцзв'язку. *Наукоємні технології*. 2014. № 3 (19). С. 299 – 304.
- [31] Komolov D., Zhurbynskyy D., Kulitsa O. Selective Method For Hiding Of Video Information Resource In Telecommunication Systems Based On Encryption Of Energy-Significant Blocks Of Reference I-Frame. *Advanced Information and Communication Technologies (AICT'2015)*: proceedings of 1st International Conference. 2015. P. 80–83.
- [32] Barannik V., Jancarczyk D., Babenko Yu., Stepanko O., Nikodem J., 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. <https://doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297068>.

**Бараннік В. В., Бабенко Ю. М. Бараннік В. В., Колесник В. О.
МЕТОД КОДУВАННЯ ЗНАЧИМИХ ЗА ВПЛИВОМ НА СЕМАНТИЧНУ ЦІЛІСНІСТЬ ВІДЕОСГМЕНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ**

Створено кодування для підвищення доступності відеоресурсу в умовах забезпечення збереження їх семантичної цілісності на основі типізації сегментів та послідовного диференційованого адаптивного кодування з врахуванням кількості мікросегментів з різним рівнем СС насиченості.

Обґрунтовано необхідність використання в якості базової стандартизованої платформи технологічного рішення сімейства JPEG. Це утворює концептуальну платформу щодо обробки та побудови формату представлення відеоресурсу для підвищення доступності та цілісності. В цьому напрямку **пропонується** в процесі стандартизованої обробки відеокадрів додатково враховувати нерівномірність розподілу рівня насиченості деталізуючої інформації. При цьому для зниження кількості арифметичних операцій, які додатково потрібно витратити на типізацію ділянок відеокадру **пропонується** використовувати властивості структурно-статистичного (СС) характеру на основі встановлення та параметризації областей допустимої корекції (ОДК), в тому числі тут розуміється області незначної зміни значень елементів яскравісної або кольорових складових. Відповідно зміна рівня насиченості ділянки деталізуючою інформацією буде проявлятися у адекватній зміні розмірів ОДК.

Надається обґрунтування та приводяться основні етапи щодо розробки методу компактного синтаксичного уявлення сегментів відеокадрів, які є значимими за впливом на збереження СЦ ВІР, та не містять мікро-сегментів, що мають не значимий рівень СС насиченості. Показується, що зменшення бітового об'єму досягається на основі скорочення в процесі кодування кількості надмірності наступних видів: структурної за обмеженням на максимальну довжину ЛДК в МСК; кодової за наявності зайвої кількості старших біт в кодограмах значимих компонент. Викладається розробка методу виявлення значимих сегментів з позиції збереження семантичної цілісності (ЗСЦ) відеоресурсу на основі використання системи правил для прийняття рішення по інформації щодо структурно-статистичних властивостей мікросегментів, які належать яскравісної складової кольоро-різницевого представлення відеокадру.

Ключові слова: відеоресурс; інформаційна безпека; доступність; семантична цілісність; структурно-статистична насиченість; області допустимої корекції; масиви спектральних компонент; скорочення надмірності.

Barannik V., Babenko Yu., Barannik V., Kolesnyk V.

A METHOD OF ENCODING VIDEO SEGMENTS SIGNIFICANT IN TERMS OF IMPACT ON SEMANTIC INTEGRITY TO ENSURE ACCESSIBILITY

Coding was created to increase the availability of video resources in conditions of ensuring the preservation of their semantic integrity based on segment typing and ensuing differentiated adaptive coding, taking into account the number of microsegments with different levels of SS saturation. The necessity of using jpeg family technological solution as a basic standardized platform is substantiated. This forms a conceptual platform for processing and building a format for presenting video resources to increase accessibility and integrity. In this direction, it is proposed in the process of standardized processing of video frames to additionally take into account the uneven distribution of the level of saturation of detailing information. At the same time, in order to reduce the number of arithmetic operations that additionally need to be spent on typing sections of the video frame, it is proposed to use structural and statistical (SS) properties of a nature based on the installation and parameterization of areas of permissible correction, including the area of slight change in the values of bright or colored components. Accordingly, the change in the level of saturation of the site with detailing information will manifest itself in an adequate change in the size of the CSF. The main stages for the development of a method of compact syntactic representation of segments of video frames, which are significant in their impact on the preservation of the RC VIR, and do not contain microsegments that have an insignified level of SS saturation, are provided and are given. It is shown that the reduction of bit volume is achieved on the basis of a reduction in the process of encoding the amount of redundancy of the following types: structural by limiting the maximum length of the LDC in the MSK; code in the presence of an extra number of older bits in the codegrams of significant components. The development of a method for identifying significant segments from the point of view of preserving semantic integrity of video resources on the basis of using a system of rules for deciding on information on structural and statistical properties of microsegments belonging to the bright component of the colour and difference representation of the video frame is laid out.

Keywords: video resource; informational security; accessibility; semantic integrity; structural and statistical saturation; areas of permissible correction; arrays of spectral components; reducing redundancy.

Стаття надійшла до редакції 31.05.2022 р.

Прийнято до друку 15.06.2022 р.