

ТЕХНОЛОГІЯ КОДУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ФРЕЙМ-СПЛАЙНОВИХ ТЕНЗОРІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДИНАМІЧНОГО ВІДЕОРЕСУРСУ

БАРАННИК В.В., ПАРХОМЕНКО М.В.,
ХАХАНОВА А.В., БАРАННИК Н.В.

Обґрунтовано, що загальним технологічним принципом в процесі кодування послідовності передбачених кадрів та їх окремих блоків в спектрально-диференційованому просторі для ІТОПДВ сімейства H26* є застосування локальної позиційно-диференційованої технології обробки кадрів в КТ-структурі в залежності від їх типу у потоці та ваги щодо досягнення компромісу між рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку динамічного відеоресурсу та їх цілісності. Стверджено необхідність представлення послідовності передбачених кадрів у вигляді сукупностей фрейм-сплайнових тензорів, які складаються з динамічної послідовності сукупностей параметрів структурних сплайнів спектрально-диференційованих блоків. Виявлені проблемні недоліки для існуючих технологій обробки сукупності позиційних координат, які описують довжину незначимих компонент ТД-блоків.

Ключові слова: динамічний відеоресурс; послідовність передбачених кадрів; структурний сплайн; ефективне кодування; пікове відношення сигнал/шум.

Keywords: dynamic videoresource; sequence of the foreseen shots; structural spline; effective code; peak signal-to-noise rati.

1. Вступ

Підвищення ефективності функціонування інформаційних технологій обробки та передачі динамічного відеоресурсу (ІТОПДВ) пов'язано із покращанням якості надання відеоінформаційних сервісів в системі управління профільними організаціями. Така ситуація характеризується наявністю актуальної проблематики досліджень, що диктується наявністю дисбалансу. З одного боку, це вимога щодо підвищення доступності та цілісності надання відеоінформаційних сервісів, що веде до збільшення їх інформаційної інтенсивності. З іншого боку, наявність цілого ряду обмежень [5; 14; 15; 19 - 37]. Такі обмеження стосуються характеристик інфокомунікаційних технологій, в тому числі тих, що використовують тракт бездротової передачі даних. Це стає особливо *актуальною проблематикою досліджень* у випадку необхідності реалізації відеоінформаційної взаємодії або організації збору відеоінформації з дистанційних сенсорів, та в умовах наявності інформаційної протидії.

Отже для зниження бітової інтенсивності потрібно удосконалювати інформаційні технології кодування та передачі потоку кадрів динамічного відеоресурсу. Таке удосконалення пропонується проводити в напрямку

створювання нових методів та інформаційної технології обробки послідовності В-Р кадрів. Тому *мета досліджень статі* полягає у розробці технології для кодування динамічного відеоресурсу на основі врахування структурно-статистичних закономірностей.

2. Розробка технології кодування динамічного відеоресурсу на основі виявлення структурних сплайнів для спектрально-диференційованих блоків

Спочатку розглянемо стандартний процес обробки В-Р-кадрів згідно технологій сімейства H26*. Обробка кадрів В-Р типів базується на скороченні декількох видів надмірності, а саме:

а) просторової надмірності, яка враховує наявність внутрішньокадрових закономірностей, як в просторово-часовому, так й в просторово-спектральному виді;

б) часової надмірності, яка базується на виявленні міжкадрових та/або міжтрансформантних закономірностей;

в) психовізуальної надмірності, тобто надмірності, викликані особливостями зорової моделі сприйняття відеозображень. Такий вид надмірності враховується, як для внутрішньокадрової обробки, так і для міжкадрової.

Подальша обробка кадрів В-Р типів для існуючих технологій сімейства H26* зводиться до кодування трансформант їх блоків в диференційованому виді. Для такого процесу скорочується внутрішньокадрова надмірність, яка обумовлена структурно-статистичними та психовізуальними закономірностями спектрального представлення блоків В-Р типів.

Одна з ключових технологій кодування одновимірних ТД-блоків для стандартизованих ІТОПК сімейства H26* полягає в побудові структурних сплайнів $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ нульового порядку (ССНП). Тут величина δ визначається як фактор корекції відносно зорової моделі сприйняття відеозображення, u - індекс позиції сплайну в ТД-блоці. Структурний сплайн $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ нульового порядку для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го кадру в КТ-структурі формується на основі використання базису виділення значимих компонент $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ та відповідно довжин $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ послідовностей незначущих компонент ТД-блока. Отже його опис задається такою формулою:

$$S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} = \{ \ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} \}.$$

Тут $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ - довжина u -ї послідовності незначущих компонент, які знаходяться перед

значущої компоненти $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го кадру.

Найчастіше як ознака виділення значущості компонент виступає граничний рівень, нижче якого компоненти ТД-блоку встановлюються як незначущі. Після чого послідовність суміжних незначущих компонент заміняється їх довжиною. Отже можна надати наступну трактовку параметрам ССНП, а саме: $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ - позиційна координата u -го ССНП та відповідно $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ - його спектральна координата в $(\chi; \gamma)$ -му одновимірному ТД-блоці для τ -го кадру КТ-структури у випадку застосування стратегії квантування з параметром δ .

За рахунок виявлення ССНП та апроксимації послідовності незначимих компонент рівнозначною серією з послідовним її структурним описом відповідною довжиною, забезпечується усунення психовізуальної та структурно-статистичної надмірності. Зі зростанням довжини послідовностей незначущих компонент ефективність такого перетворення щодо ступеня зниження інформаційної інтенсивності сегмента кадру збільшується. Тому для збільшення кількості надмірності у стандартизованих ІГОПК обхід компонент ТД-блоку здійснюється за зигзагоподібному напрямку.

В результаті формування ССНП $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ $(\chi; \gamma)$ -й одновимірний ТД-блок $Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)}$ буде описуватися наступною послідовністю $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$:

$$Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)} = S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} = \{ \{ \ell(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma} \}; \dots; \dots; \{ \ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} \}; \dots; \dots; \{ \ell(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} \} \}$$

або

$$Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)} = S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} = \{ S(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma}; \dots; S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; \dots; \dots; S(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} \}.$$

Тут $U(\tau, \chi, \gamma)$ - кількість ССНП для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го кадру КТ-структури.

Сукупність ССНП $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, що будуються для окремого ТД-блоку будемо надалі позначати як **фрейм**. Фрейм для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го В-Р-кадру можна представити у такому вигляді:

$$S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} = \begin{vmatrix} \ell(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma} & & z(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma} & & \\ & \dots & & & \\ \ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} & & z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} & & \\ & \dots & & & \\ \ell(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} & & z(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} & & \end{vmatrix}.$$

Тоді ТД-кадр $Y(\tau)$ В-Р типу через **сплайнову фрейм структуру** буде задаватися наступним чином:

$$Y(\tau) = \{ Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)} \} = \{ S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} \}, \quad \chi = \overline{1, W_{\text{стр}}/w}, \\ \gamma = \overline{1, W_{\text{стб}}/w}.$$

Отже **пропонується** диференційовану КТ-структуру Y_T для послідовності В-Р кадрів в спектральному просторі розглядати як сукупність сплайн-фреймів та трансформованого базового кадру $Y(1)$, а саме:

$$Y_T = \{ Y(1); S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} \}, \quad \tau = \overline{2, T}.$$

Базовий кадр $Y(1)$, як правило для стандартизованих технологій сімейства H26* займає першу позицію в КТ-структурі та обробляється окремо. В процесі формування диференційованого опису базовий кадр є опорним для послідовності кадрів В-Р типів. Далі на відміну від стандартизованої технології, **пропонується** з КТ-структури виключити кадри В-типу. Це дозволить створити умови для підвищення цілісності динамічного відеоінформаційного ресурсу.

Визначення. Надалі складову КТ-структури послідовності І-В-Р кадрів, яка визначається сукупністю сплайн-фреймів $\{ S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} \}$, $\tau = \overline{2, T}$; $\chi = \overline{1, W_{\text{стр}}/w}$, $\gamma = \overline{1, W_{\text{стб}}/w}$ будемо називати **фрейм-тензорною сплайн-структурою** S_{T-1} .

З врахуванням чого диференційовану КТ-структуру Y_T для послідовності В-Р кадрів в спектральному просторі буде складатися з двох компонент, а саме одного базового трансформованого кадру $Y(1)$ та фрейм-тензорною сплайн-структурою S_{T-1} , тобто:

$$Y_T \rightarrow \{ Y(1); S_{T-1} \}.$$

Тут складова S_{T-1} має $(T-1)$ компоненти, та записується наступним чином:

$$S_{T-1} = \{ S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} \}, \quad \tau = \overline{2, T}.$$

або, враховуючи, що $S(\tau) = \{ S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} \}$:

$$S_{T-1} = \{ S(\tau) \}, \quad \tau = \overline{2, T}.$$

При цьому кожна **сплайн фреймова структура** (СФС) $S(\tau)$ утворюється сукупністю **фреймів** $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, розміром $w \times w$ елементів або

$$S(\tau) = \begin{vmatrix} S(\tau; \delta)_{1,1} & \dots & S(\tau; \delta)_{1,\gamma} & \dots & S(\tau; \delta)_{\chi, W_{\text{стб}}} \\ & & \dots & & \\ S(\tau; \delta)_{\chi,1} & \dots & S(\tau; \delta)_{\chi,\gamma} & \dots & S(\tau; \delta)_{\chi, W_{\text{стб}}} \\ & & \dots & & \\ S(\tau; \delta)_{W_{\text{стр}},1} & \dots & S(\tau; \delta)_{W_{\text{стр}},\gamma} & \dots & S(\tau; \delta)_{W_{\text{стр}}, W_{\text{стб}}} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

При цьому, ключовою структурною компонентою тут є одноелементний зріз за τ складовою у динамічній послідовності СФС. Саме така складова створює **одноелементний фрейм-сплайновий тензор** (ОФСТ) $S(T-1)_{\chi,\gamma}$ для послідовності В-Р кадрів. Фрейм-сплайновий тензор $S(T-1)_{\chi,\gamma}$ представляє собою послідовність фреймів $S(\tau;\delta)_{\chi,\gamma}$ в диференційованій КТ-структурі на позиції з координатами $(\chi;\gamma)$. Це записується таким виразом:

$$S(T-1)_{\chi,\gamma} = \{S(2;\delta)_{\chi,\gamma}; \dots; S(\tau;\delta)_{\chi,\gamma}; \dots; S(T;\delta)_{\chi,\gamma}\}.$$

Фрейм-сплайновий тензор $S(T-1)_{\chi,\gamma}$ фактично представляє собою наскрізну квадратну трубу, яка вирізана уздовж ФТСС на позиції $(\chi;\gamma)$, у кожному перетині якого знаходиться фрейм-структура $S(\tau;\delta)_{\chi,\gamma}$ ТД-кадру В-Р типу.

Організація диференційованої КТ-структури для послідовності В-Р кадрів в спектральному просторі на основі створення фрейм-тензорною сплайн-структурою S_{T-1} забезпечує ряд переваг щодо варіанту формування диференціального представлення для початкових кадрів. Оцінка таких переваг з позиції **одноелементного фрейм-сплайнового тензору** виглядає наступним чином.

Фрейм-сплайновий тензор $S(T-1)_{\chi,\gamma}$ представляє собою фактично тривимірну структуру, елементами $S(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$ якої є структурні сплайни. Структурні сплайни $S(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$, створюються двома компонентами, $S(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma} = \{\ell(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}; z(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}\}$ та описують рівень метаданих стосовно послідовності спектрально-диференційованих (ТД) блоків. Звідки це:

- по-перше вже враховує наявність закономірностей у внутрішній структурі ТД-блоків, а саме наявність спектральних компонент, які не значимі за своїм впливом на семантичний контент або на якість візуального сприйняття реконструйованих відеозображень. Отже в цьому випадку формуються позиційні координати $\ell(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$ сплайнів $S(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$;

- по-друге надає потенційну можливість відносно виявлення додаткових закономірностей статистичної та структурної природи. Отримані параметри структурного опису ТД-блоків враховують властивість щодо неоднорідності спектрально-частотних характеристик. В свою чергу, це створює умови для додаткового

виявлення структурно-статистичних закономірностей в ОФС-тензорі, як в напрямку стовбців (фреймів, внутрішньокадровий), так й в напрямку строк (міжкадровий). Тут формуються нерівномірні значення параметрів $\ell(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$ та $z(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$ структурних сплайнів $S(\tau;\delta)_{u,\chi,\gamma}$ в залежності від області їх розташування відносно спектрально-частотного простору. При цьому такі залежності будуть властиві для послідовності у ОФС-тензорі.

- втретє створюється можливість для усунення надмірності не тільки для внутрішньо кадрового напрямку, але ще й для міжкадрового напрямку. Тобто фактично забезпечується можливість для усунення надмірності за трьома координатами фрейм-сплайнового тензору;

- в результаті виявлення та параметричного опису структурних сплайнів досягається скорочення початкових даних, які в подальшому приймають участь в процесі ефективного кодування. Це дозволяє з одного боку скоротити часові затримки на обробку послідовностей В-Р кадрів, а з іншого боку забезпечити додатковий час для застосування нових технологій скорочення надмірності.

Отже представлення послідовності В-Р кадрів структурами фрейм-сплайнових тензорів для їх спектрально-диференційованих блоків створює умови для підвищення ефективності функціонування інформаційної технології обробки та передачі динамічного відеоресурсу.

Висновки

1. Обґрунтовано, що загальним технологічним принципом в процесі кодування послідовності передбачених кадрів та їх окремих блоків в спектрально-диференційованому просторі для ІТОПДВ сімейства H26* є застосування локальної позиційно-диференційованої технології обробки кадрів в КТ-структурі в залежності від їх типу у потоці та ваги щодо досягнення компромісу між рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку динамічного відеоресурсу та їх цілісністю. А саме:

1) локальність полягає в тому, що технологічна лінія обробки застосовується до окремих послідовностей кадрів (8; 12, 15, 30 кадрів). У цьому випадку відеопотік ділиться на локальні підпотоки – КТ-структури;

2) обробка відеокadrів, в межах кожної локальної послідовності, проводиться диференційовано зі застосуванням двохтипвої технології в залежності від їх позиції та ваги щодо досягнення компромісу між рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку

динамічного відеоресурсу та їх цілісності, а саме:

- перша технологічна архітектура застосовується для обробки кадрів, (опорні) які призначено для найбільшого збереження цілісності інформації всієї локальної кадр-тензорної структури;

- друга технологія використовується для кодування кадрів (передбачені), які призначено для найбільш допустимого зменшення інформаційної інтенсивності бітового потоку. Саме такі кадри обробляються з внесенням найбільшого рівня корекцій стосовно зорової моделі сприйняття візуальної інформації.

2. Обґрунтовано необхідність представлення послідовності передбачених кадрів у вигляді сукупностей фрейм-сплайнових тензорів, які складаються з динамічної послідовності сукупностей параметров структурних сплайнів спектрально-диференційованих блоків.

Фрейм-сплайновий тензор представляє собою двовимірну структуру, елементами якої є структурні сплакни, що створюються двома компонентами, та описують рівень метаданих стосовно послідовності спектрально-диференційованих (ТД) блоків. В цьому випадку забезпечується:

- враховування наявності спектральних компонент, які не значимі за своїм впливом на семантичний контент або на якість візуального сприйняття реконструйованих відеозображень;

- умови для додаткового виявлення структурно-статистичних закономірностей в ОФС-тензорі, як в напрямку стовбців (фреймів, внутрішньокадровий), так й в напрямку строк (міжкадровий). Тут формуються нерівномірні значення параметрів структурних сплайнів в залежності від області їх розташування відносно спектрально-частотного простору;

- в результаті виявлення та параметричного опису структурних сплайнів досягається скорочення початкових даних, які в подальшому приймають участь в процесі ефективного кодування.

Отже представлення послідовності В-Р кадрів структурами фрейм-сплайнових тензорів для послідовності їх спектрально-диференційованих блоків створює умови для підвищення ефективності функціонування інформаційної технології обробки та передачі динамічного відеоресурсу.

3. Обґрунтовано проблемні недоліки для існуючих технологій обробки сукупності позиційних координат, які описують довжину незначимих компонент ТД-блоків, а саме:

1) залежність рівня інтенсивності бітового опису кодованих сукупностей позиційних координат відносно показника статистичної-ймовірнісної невизначеності, а саме це проявляється у наступному:

- в межах окремих фреймів - від інформативності структурно-семантичного контенту блоків відеокadrів та рівня втрат цілісності під час квантування їх компонент;

- в напрямку послідовності фреймів - від швидкості зміни контенту в послідовності кадрів.

2) для забезпечення цілісності інформації додатково залучаються маркерні кодові слова, що це призведе до збільшення об'єму бітового потоку.

3) використання статистичних кодів для синтаксичного представлення сукупності позиційних координат у разі виникнення помилок (завад) спричиняє, або значиме руйнування відеозображень та повну втрату інформації, або необхідність додатково використовувати значну кількість біт для забезпечення потрібного рівня завадостійкості.

Література:

1. Kobayashi, H. and Kiya, H.: Bitstream-Based JPEG Image Encryption with File-Size Preserving. In: IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 1-4 (2018) DOI: 10.1109/gcce.2018.8574605.
2. Barannik, V., Krasnoruckiy, A. and Hahanova, A.: The positional structural-weight coding of the binary view of transformants. In: East-West Design & Test Symposium (EWDTS), pp. 1-4. Rostov-on-Don (2013) doi: 10.1109/EWDTS.2013.6673178.
3. Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES). Federal Information Processing Standards Publication, 197 (2001).
4. DSTU 7624:2014: Information Technology. Cryptographic protection of information. Symmetric block transformation algorithm. Order of the Ministry of Economic Development of Ukraine № 1484 (29.12.2014).
5. DSTU GOST 28147:2009: Information processing system. Cryptographic protection. Cryptographic transformation algorithm GOST 28147-89 (22.12.2008).
6. Auer, S. and Bliem, A. and Engel, D. and Uhl, A. and Unterweger, A.: Bitstream-based JPEG Encryption in Real-time. In: International Journal of Digital Crime and Forensics (2013) DOI: 10.4018/jdcf.2013070101.
7. Faraoun, K.M. A parallel block-based encryption schema for digital images using reversible cellular automata. Engineering Science and Technology, Vol. 17, pp. 85-94 (2014) DOI: 10.1016/j.jestch.2014.04.001.
8. 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.
9. Naor, M. and Shamir, A.: Visual Cryptography. In: Proceedings of the Advances in Cryptology – EUROCRYPT'94. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 950, pp. 1-12 (1995) DOI: 10.1007/bfb0053419.
10. Phatak, A.: A Non-format Compliant Scalable RSA-based JPEG Encryption Algorithm. International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, Vol. 8, No. 6, pp. 64-71 (2016) DOI: 10.5815/ijgisp.2016.06.08.
11. Ramakrishnan, S. et al.: Cryptographic and Information Security Approaches for Images and Videos. CRC Press, 962 p., (2018) DOI: 10.1201/9780429435461.
12. Rivest, R.L. and

Shamir, A. and Adleman L.M.: A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*, (2) 21, pp. 120–126 (1978). **13.** Barannik, V. and Barannik, N. and Ryabukha, Yu. and Barannik, D.: Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System. In.: 15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020), pp. 699-702 (2020) DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522. **14.** Barannik, V. and Barannik, V.: Binomial-Polyadic Binary Data Encoding by Quantity of Series of Ones. In.: 15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020), pp. 775-780 (2020) DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235540. **15.** Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhle V.V., Barannik D.V.: Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. In: *Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, 2017 2nd International Conference, pp.188-192. (2017). doi: 10.1109 / AIACT.2017.8020096. **16.** Vladimir Barannik, Tatyana Belikova, Pavlo Gurzhi.: The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents. In [2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory \(ATIT\)](#), pp. 656 – 661 (2019), DOI: [10.1109/ATIT49449.2019.9030432](#). **17.** Vladimir Barannik, Denys Tarasenko.: [Method coding efficiency segments for information technology processing video](#). In.: [2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology \(PIC S&T\)](#), pp. 551-555 (2017), DOI: [10.1109/INFOCOMMST.2017.8246460](#). **18.** Barannik, V.V. and Ryabukha, Yu.N. and Kulitsa, O.S.: The method for improving security of the remote video information resource on the basis of intellectual processing of video frames in the telecommunication systems. *Telecommunications and Radio Engineering*, Vol. 76, No 9, pp. 785-797 (2017) DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i9.40. **19.** Farajallah, M.: Chaos-based crypto and joint crypto-compression systems for images and videos (2015) Available via <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01179610>. **20.** Gonzalez, R. and Woods, R.: *Digital Image Processing*. Published by Pearson, 1168 p. (2018). **21.** Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000. International Standard ISO/IEC 15444-8; ITU-T Recommendation T.807, 108 p. (2007). **22.** JPEG Privacy & Security Abstract and Executive Summary (2015) Available via https://jpeg.org/items/20150910_privacy_security_summary.html. **23.** [Vladimir.V. Barannik](#); [M.P. Karpinski](#); [V.V. Tverdokhle](#); [Dmitry.V. Barannik](#); [V.V. Himenko](#); [Marek Aleksander](#) The technology of the video stream intensity controlling based on the bit-planes recombination. [2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems \(IDAACS-SWS\)](#), 20-21 Sept. 2018, Lviv, Ukraine, DOI: [10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525560](#). **24.** Salomon, D.: *Data Compression: The Complete Reference*. Springer Science & Business Media, 1092 p. (2007). **25.** Chen, Ch.-Ch. and Wu, W.-J.: A secure Boolean-based multi-secret image sharing scheme. *Journal of Systems and Software*, Vol. 92, pp. 107-114 (2014) DOI: 10.1016/j.jss.2014.01.001. **26.** Chen, T.-H. and Wu, Ch.-S.: Efficient multi-secret image sharing based on Boolean operation. *Signal Processing*, Vol. 91, Iss. 1, pp. 90-97 (2011) DOI: 10.1016/j.sigpro.2010.06.012. **27.** Deshmukh, M. and Nain, N. and Ahmed, M.: An (n, n)-Multi Secret Image Sharing Scheme Using Boolean XOR and Modular Arithmetic. In.: *IEEE 30th International Conference on Advanced*

Information Networking and Applications (AINA), pp. 690-697 (2016) DOI: 10.1109/aina.2016.56. **28.** Dufaux, F. and Ebrahimi, T.: Toward a Secure JPEG. *Applications of Digital Image Processing XXIX*, Vol. 6312 (2006) DOI: 10.1117/12.686963. **29.** Honda, T. and Murakami, Y. and Yanagihara, Y. and Kumaki, T. and Fujino, T.: Hierarchical image-scrambling method with scramble-level controllability for privacy protection. In.: *IEEE 56th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, pp. 1371-1374 (2013) DOI: 10.1109/MWSCAS.2013.6674911. **30.** Ji, Sh. and Tong, X. and Zhang, M.: Image encryption schemes for JPEG and GIF formats based on 3D baker with compound chaotic sequence generator (2012) Available via arXiv preprint. arXiv:1208.0999. **31.** Vladimir Barannik, Valeriy Barannik, Dmytro Havrylov, Anton Sorokun.: [Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method](#). In.: 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), pp. 54-57 (2019), DOI: [10.1109/AIACT.2019.8847897](#). **32.** [Vladimir Barannik](#); [Dmitry Barannik](#); [Vadym Fustii](#); [Maksym Parkhomenko](#) Evaluation of Effectiveness of Masking Methods of Aerial Photographs. [2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies \(AICT\)](#), 2-6 July 2019, Lviv, Ukraine, Ukraine, DOI: [10.1109/AIACT.2019.8847820](#). **33.** Vladimir Barannik; [S.S. Shulgin](#): The method of increasing accessibility of the dynamic video information resource. In.: [2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science \(TCSET\)](#), pp. 621-623 (2016), DOI: [10.1109/TCSET.2016.7452133](#). **34.** Tsai, Ch.-L. and Chen, Ch.-J. and Hsu, W.-L.: Multi-morphological image data hiding based on the application of Rubik's cubic algorithm. In.: *IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)* pp. 135-139 (2012) DOI: 10.1109/CCST.2012.6393548. **35.** Wong, K.-W.: Image encryption using chaotic maps. *Intelligent Computing Based on Chaos*, Vol. 184, pp. 333–354 (2009) DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4_16. **36.** Wong, K. and Tanaka, K.: DCT based scalable scrambling method with reversible data hiding functionality. In.: *4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing (ISCCSP)*, pp. 1-4. (2010) DOI: 10.1109/ISCCSP.2010.5463307. **37.** Wu, Yu, and Agaian, S. and Noonan, J.: Sudoku Associated Two Dimensional Bijections for Image Scrambling. In.: *IEEE Transactions on multimedia*, 30 p. (2012). Available via arXiv preprint. arXiv:1207.5856v1. **38.** Yang, Ch.-N. and Chen, Ch.-H. and Cai, S.-R.: Enhanced Boolean-based multi secret image sharing scheme. *Journal of Systems and Software*, Vol. 116, pp. 22-34 (2016) DOI: 10.1016/j.jss.2015.01.031. **39.** Yang, Y. and Zhu, B.B. and Li, S. and Yu1, N.: Efficient and Syntax-Compliant JPEG 2000 Encryption Preserving Original Fine Granularity of Scalability. *EURASIP Journal on Information Security*, Vol. 2007, Article ID 56365, 13 p. (2008) DOI: 10.1155/2007/56365. **40.** Yuan, L. and Korshunov, P. and Ebrahimi T.: Secure JPEG Scrambling enabling Privacy in Photo Sharing. In.: *11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG)* pp. 1-6 (2015) DOI: 10.1109/FG.2015.7285022. **41.** Zhou, Y. and Panetta, K. and Agaian, S. and Chen, C.L.P.: Image encryption using P-Fibonacci transform and decomposition. *Optics Communications*, Vol. 285, Iss. 5, pp. 594-608 (2012) DOI: 10.1016/j.optcom.2011.11.044.

Транслитерованный список литературы:

1. Kobayashi, H. and Kiya, H.: Bitstream-Based JPEG Image Encryption with File-Size Preserving. In.: *IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 1-4 (2018) DOI: 10.1109/gcce.2018.8574605. **2.** Barannik, V., Krasnoruckiy, A. and Hahanova, A.: The positional structural-

- weight coding of the binary view of transformants. In: East-West Design & Test Symposium (EWDTS), pp. 1-4. Rostov-on-Don (2013) doi: 10.1109/EWDTS.2013.6673178.
- 3.** Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES). Federal Information Processing Standards Publication, 197 (2001). **4.** DSTU 7624:2014: Information Technology. Cryptographic protection of information. Symmetric block transformation algorithm. Order of the Ministry of Economic Development of Ukraine № 1484 (29.12.2014). **5.** DSTU GOST 28147:2009: Information processing system. Cryptographic protection. Cryptographic transformation algorithm GOST 28147-89 (22.12.2008).
- 6.** Auer, S. and Bliem, A. and Engel, D. and Uhl, A. and Unterwiesing, A.: Bitstream-based JPEG Encryption in Real-time. In: International Journal of Digital Crime and Forensics (2013) DOI: 10.4018/jdcf.2013070101. **7.** Faraoun, K.M. A parallel block-based encryption schema for digital images using reversible cellular automata. Engineering Science and Technology, Vol. 17, pp. 85-94 (2014) DOI: 10.1016/j.jestech.2014.04.001. **8.** 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. **9.** Naor, M. and Shamir, A.: Visual Cryptography. In: Proceedings of the Advances in Cryptology – EUROCRYPT'94. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 950, pp. 1-12 (1995) DOI: 10.1007/bfb0053419. **10.** Phatak, A.: A Non-format Compliant Scalable RSA-based JPEG Encryption Algorithm. International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, Vol. 8, No. 6, pp. 64-71 (2016) DOI: 10.5815/ijgisp.2016.06.08.
- 11.** Ramakrishnan, S. et al.: Cryptographic and Information Security Approaches for Images and Videos. CRC Press, 962 p., (2018) DOI: 10.1201/9780429435461. **12.** Rivest, R.L. and Shamir, A. and Adleman L.M.: A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. Communications of the ACM, (2) 21, pp. 120-126 (1978). **13.** Barannik, V. and Barannik, N. and Ryabukha, Yu. and Barannik, D.: Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System. In: 15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020), pp. 699-702 (2020) DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522.
- 14.** Barannik, V. and Barannik, V.: Binomial-Polyadic Binary Data Encoding by Quantity of Series of Ones. In: 15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020), pp. 775-780 (2020) DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235540. **15.** Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhle V.V., Barannik D.V.: Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. In: Advanced Information and Communication Technologies (AICT), 2017 2nd International Conference, pp.188-192. (2017). doi: 10.1109 / AIACT.2017.8020096. **16.** Vladimir Barannik, Tatyana Belikova, Pavlo Gurzhi. The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents. In 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), pp. 656 – 661 (2019), DOI: 10.1109/ATIT49449.2019.9030432. **17.** Vladimir Barannik, Denys Tarasenko.: [Method coding efficiency segments for information technology processing video](#). In: 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), pp. 551-555 (2017), DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246460. **18.** Barannik, V.V. and Ryabukha, Yu.N. and Kulitsa, O.S.: The method for improving security of the remote video information resource on the basis of intellectual processing of video frames in the telecommunication systems. Telecommunications and Radio Engineering, Vol. 76, No 9, pp. 785-797 (2017) DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i9.40. **19.** Farajallah, M.: Chaos-based crypto and joint crypto-compression systems for images and videos (2015) Available via <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01179610>. **20.** Gonzalez, R. and Woods, R.: Digital Image Processing. Published by Pearson, 1168 p. (2018). **21.** Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000. International Standard ISO/IEC 15444-8; ITU-T Recommendation T.807, 108 p. (2007). **22.** JPEG Privacy & Security Abstract and Executive Summary (2015) Available via JPEG.ORG. https://jpeg.org/items/20150910_privacy_security_summary.html. **23.** [Vladimir.V. Barannik; M.P. Karpinski; V.V. Tverdokhle; Dmitry.V. Barannik; V.V. Himenko; Marek Aleksander](#) The technology of the video stream intensity controlling based on the bit-planes recombination. 2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), 20-21 Sept. 2018, Lviv, Ukraine, DOI: 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525560. **24.** Salomon, D.: Data Compression: The Complete Reference. Springer Science & Business Media, 1092 p. (2007). **25.** Chen, Ch.-Ch. and Wu, W.-J.: A secure Boolean-based multi-secret image sharing scheme. Journal of Systems and Software, Vol. 92, pp. 107-114 (2014) DOI: 10.1016/j.jss.2014.01.001. **26.** Chen, T.-H. and Wu, Ch.-S.: Efficient multi-secret image sharing based on Boolean operation. Signal Processing, Vol. 91, Iss. 1, pp. 90-97 (2011) DOI: 10.1016/j.sigpro.2010.06.012. **27.** Deshmukh, M. and Nain, N. and Ahmed, M.: An (n, n)-Multi Secret Image Sharing Scheme Using Boolean XOR and Modular Arithmetic. In: IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), pp. 690-697 (2016) DOI: 10.1109/aina.2016.56. **28.** Dufaux, F. and Ebrahimi, T.: Toward a Secure JPEG. Applications of Digital Image Processing XXIX, Vol. 6312 (2006) DOI: 10.1117/12.686963. **29.** Honda, T. and Murakami, Y. and Yanagihara, Y. and Kumaki, T. and Fujino, T.: Hierarchical image-scrambling method with scramble-level controllability for privacy protection. In: IEEE 56th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), pp. 1371-1374 (2013) DOI: 10.1109/MWSCAS.2013.6674911. **30.** Ji, Sh. and Tong, X. and Zhang, M.: Image encryption schemes for JPEG and GIF formats based on 3D baker with compound chaotic sequence generator (2012) Available via arXiv preprint. arXiv:1208.0999. **31.** Vladimir Barannik, Valeriy Barannik, Dmytro Havrylov, Anton Sorokun.: [Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method](#). In: 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), pp. 54-57 (2019), DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847897. **32.** Vladimir Barannik; Dmitry Barannik; Vadym Fustii; Maksym Parkhomenko Evaluation of Effectiveness of Masking Methods of Aerial Photographs. 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), 2-6 July 2019, Lviv, Ukraine, Ukraine, DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847820. **33.** Vladimir Barannik; S.S. Shulgin.: The method of increasing accessibility of the dynamic video information resource. In: 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), pp. 621-623 (2016), DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452133. **34.** Tsai, Ch.-L. and Chen, Ch.-J. and Hsu, W.-L.: Multi-morphological image data hiding based on the application of Rubik's cubic algorithm. In: IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST) pp. 135-139 (2012) DOI: 10.1109/CCST.2012.6393548. **35.** Wong, K.-W.: Image encryption using chaotic maps. Intelligent Computing Based on Chaos, Vol. 184, pp. 333-354 (2009) DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4_16. **36.** Wong, K. and Tanaka, K.: DCT based scalable scrambling method with reversible data hiding functionality. In: 4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing (ISCCSP), pp. 1-4. (2010) DOI: 10.1109/ISCCSP.2010.5463307. **37.** Wu, Yu, and Agaian, S. and Noonan, J.: Sudoku Associated Two Dimensional Bijections for Image Scrambling. In: IEEE Transactions on multimedia, 30 p. (2012). Available via arXiv preprint. arXiv:1207.5856v1. **38.** Yang, Ch.-N. and Chen, Ch.-H. and Cai, S.-R.: Enhanced Boolean-based multi secret image sharing scheme. Journal of Systems and Software, Vol. 116, pp. 22-34 (2016) DOI: 10.1016/j.jss.2015.01.031. **39.** Yang, Y. and Zhu, B.B. and Li, S. and Yu, N.: Efficient and Syntax-Compliant JPEG 2000 Encryption Preserving Original Fine Granularity of Scalability. EURASIP Journal on Information Security, Vol. 2007, Article ID 56365, 13 p. (2008) DOI: 10.1155/2007/56365. **40.** Yuan, L. and Korshunov, P. and Ebrahimi T.: Secure JPEG Scrambling enabling Privacy in

Photo Sharing. In.: 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG) pp. 1-6 (2015) DOI: 10.1109/FG.2015.7285022. 41. Zhou, Y. and Panetta, K. and Agaian, S. and Chen, C.L.P.: Image encryption using P-Fibonacci transform and decomposition. Optics Communications, Vol. 285, Iss. 5, pp. 594-608 (2012) DOI: 10.1016/j.optcom.2011.11.044.

Поступила в редколлегию 15.05.2020

Рецензент: д.т.н., проф. Безрук В.М.

Бараннік Володимир Вікторович, доктор технічних наук, професор, професор Харківського національного університету радіоелектроніки. E-mail: vybar.off@gmail.com orcid.org/0000-0002-2848-4524

Бараннік Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Barannik Vladimir Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, professor Kharkiv National University of Radio Electronics.

Пархоменко Максим Вікторович, викладач Харківського національного університету Повітряних Сил, Харків, Україна, maхpro@gmail.com [ORCID.org/0000-0001-6062-7743](https://orcid.org/0000-0001-6062-7743)

Maksym Parkhomenko, Combat use of ASC department, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine, Kharkiv, 77/79. Sumska str., maхpar76@gmail.com

[ORCID ID org/0000-0001-6062-7743](https://orcid.org/0000-0001-6062-7743)

Бараннік Наталія В'ячеславівна, завідувач бібліотеки Національного університету цивільного захисту України. Наукові інтереси: методи підвищення інформаційної безпеки. Адрес: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79, Barannik_V_V@ukr.net

Barannik Natalia Vyacheslavivna, library manager of the National university of civil defence of Ukraine. Ukraine, Kharkiv, 77/79. Sumska.

Хаханова Ганна Володимірівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, Україна, ann.hahanova@gmail.com

[ORCID ID 0000-0002-1318-7973](https://orcid.org/0000-0002-1318-7973)

Anna Hahanova, Department of Computer Aided Design of Computers Kharkiv National University of Radio Electronics Kharkiv, Ukraine, ann.hahanova@gmail.com

[ORCID ID 0000-0002-1318-7973](https://orcid.org/0000-0002-1318-7973)