ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.327:681.5

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО ПІДХОДУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

БАРАННІК В.В., БАРАННІК Н.В., БАРАННІК Д.В., БАРАННІК В.В., ОЛЕНИЧ П.С.

Аналізуються загрози перехоплення і розшифрування зловмисником інформації, що циркулює по бездротових каналах зв'язку ЗС України під час ведення бойових дій. Визначається, що криптографічні методи захисту інформації втрачають свою ефективність, тому критично важливо підвищити захищеність інформації, що передається іншими методами. Пропонується метод захисту інформації шляхом стеганографічного приховування даних в контур зображення. Виявляється, що розроблений метод характеризується високою стійкістю до атак стисненням та має високу ймовірність безпомилкового вилучення прихованих даних.

Ключові слова: контур зображення, маска зображення, смуга порівняння, система управління.

Keywords: image contour, image mask, comparison bar, control system.

1. Вступ

Розвиток транспортних засобів, авіації, робототехніки збільшує динамічність бойових дій, дозволяє здійснювати маневри в дуже короткі строки. Особливо слід відмітити тактику застосування авіації, коли швидкі нальоти бомбардувальників можуть завдати значної шкоди. Враховуючи швидкість літаків, у особи, що приймає рішення, є лічені хвилини для того, щоб прийняти та втілити в життя рішення щодо захисту свого повітряного простору. Те ж саме стосується і ракет, і для того, щоб вчасно реагувати на дії противника, збір розвідувальної інформації та керування військами здійснюється шляхом передачі інформації через супутник, засобами радіозв'язку або через кабелі зв'язку.

Засоби бездротового зв'язку є більш зручними у використанні при здійсненні маневрів, великій протяжності лінії зв'язку, при координуванні дій підрозділів та виконанні операцій. Але при цьому дані, що передаються бездротовими каналами зв'язку, можуть бути перехоплені противником при передачі, що несе в собі велику загрозу. Для того щоб мінімізувати шкоду, заподіяну противником при перехопленні повідомлення, дані захищаються шляхом криптографічного шифрування повідомлення. Але будь-який шифр може бути зламаним, питання лише у часі, який буде витрачено на розшифрування повідомлення, а інформація має властивість з часом втрачати свою цінність.

Необхідність підвищення рівня захищеності інформації в системах управління:

1. Використання іноземних технологій для організації обробки і передачі даних.
2. Передача по бездротових каналах зв'язку розпоряджень стратегічного значення.
3. Обмін даними з літаками, бронетехнікою, кораблями можливий лише по бездротових лініях зв'язку.
4. Передача по бездротових каналах зв'язку розвідувальної інформації (в тому числі, від безпілотних літальних апаратів).
5. Удосконалення програмно-апаратних засобів зловмисника, призначених для перехоплення даних в бездротових каналах зв'язку.

Відсутність вітчизняних програмних пакетів і апаратних технологій для здійснення інформаційної підтримки функціонування системи управління (СУ) диктує необхідність використання іноземних засобів. Такий підхід негативно впливає на безпеку інформаційних мереж. Це обумовлено можливістю зловмисника потай використовувати програми для порушення конфіденційності і цілісності спеціальної інформації. Одночасно з підвищенням загроз щодо спеціальних інформаційних ресурсів в СУ постійно зростає значимість такої інформації. Це обумовлено тим, що порушення безпеки інформаційно-телекомунікаційної системи може призвести до значних втрат серед особового складу та бойової техніки.

З удосконаленням програмно-апаратних засобів зловмисник має можливість перехоплювати важливу інформацію, розшифровувати її, що відповіно вимагає створення умов для підвищення рівня захищеності даних, які передаваються.

Питаннями захисту інформації займалися такі дослідники: Коробейников А.Г., Биков С.Ф, Аграновський А.В., Балакін А.В., Грібунін В.Г., Конахович Г.Ф., Пузиренко А.Ю., Кустов В.Н., Федчук А.А., Гонсалес Р. У їхніх роботах описано

метод LSB, використання алгоритмів стиснення в стеганографії [1-14].

Метою дослідження є розробка технології стеганографічного приховування інформації.

2. Розробка технології підвищення безпеки передачі даних з використанням стеганографічного підходу

Метод, що розробляється, повинен забезпечувати надійність приховування інформації в зображеннях, вбудовування відносно великого обсягу інформації та стійкість до спотворень. Тому пропонується вбудовувати дані в контури зображення [15–22]. Зображення має велику кількість контурів, що забезпечить відносно великий обсяг для вбудовування інформації. Вбудовування інформації буде виконуватися непрямим методом, шляхом модифікації елементів. При цій модифікації необхідно враховувати належність елементів до інтервалів. Це необхідно для вилучення інформації на приймальній стороні.

Етап 1. Необхідно вибрати контури зображення для вбудовування даних та ділянки в цих контурах, в які буде вбудовуватись інформація. При виборі контурів було виявлено, що в більшості випадків контур не широкий (рис. 1).

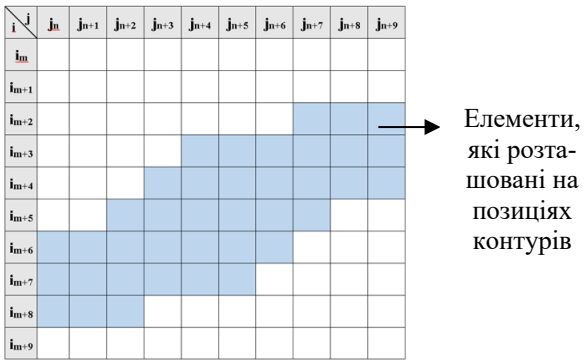

Рис. 1. Ширина контура в зображенні

Алгоритм визначення ділянок для вбудовування такий [14 – 27]:

1. Перебираючи всі елементи маски зображення, визначають елемент контура bi,j, для якого виконується умова, що елементи bi-1,j-1 – bi+1,j+1 також належать контуру. Такий елемент є першою реперною точкою (R1), необхідною для подальшого вбудовування даних (рис. 2).

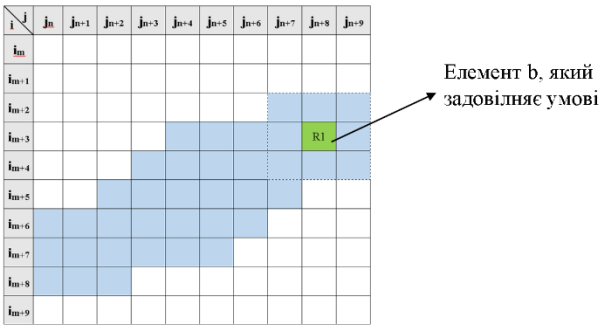

Рис. 2. Елемент b, який задовільняє умові

2. Відбувається пошук контурних елементів зображення, які знаходяться на відстані n (значення задається ключем) від знайденого елемента контура R1 та задовільняють умові, висунутій до елемента R1 (рис. 3) [25 – 33].

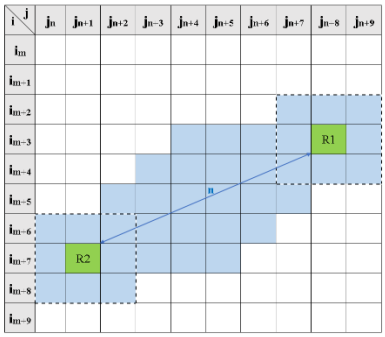

Рис. 3. Елемент R2 на відстані n від елемента R1

3. Далі перевіряється, чи всі елементи зображення, що лежать на відрізку (лінії порівняння P) обмеженому знайденими точками, є елементами контура і не лежать на границі контура (рис. 4).

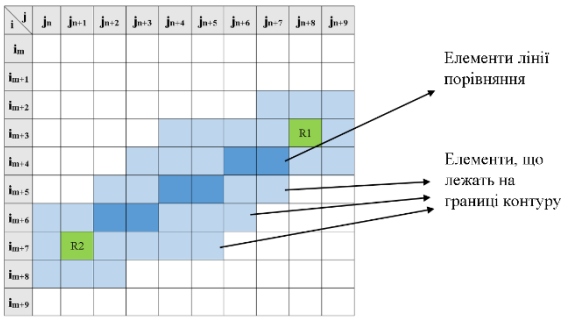

Рис. 4. Розміщення лінії порівняння

4. Виділяються смуги порівняння V_1 та V_0 (рис. 5). Смуга порівняння – це область контура, що починається від лінії порівняння та відходить в сторону на ширину M, яка задається ключем.

Елементи смуги V_0 та V_1 для M = 1 визначаються за такими формулами:

$$i_{v_1} = \begin{cases} i_p, \text{ якщо } j_{v_1} = j_p - 1 \\ i_p - 1, \text{ якщо } j_{v_1} = j_p \end{cases}, \text{ якщо } j_{R1} > j_{R2}, \quad (1)$$

$$j_{v_1} = \begin{cases} j_p, \text{ якщо } i_{v_1} = i_p - 1 \\ j_p + 1, \text{ якщо } i_{v_1} = i_p \end{cases}, \text{ якщо } j_{R1} \le j_{R2}, \quad (2)$$

$$i_{v_0} = \begin{cases} i_p, \text{ якщо } j_{v_0} = j_p + 1 \\ i_p + 1, \text{ якщо } j_{v_0} = j_p \end{cases}, \text{ якщо } j_{R1} > j_{R2}, \quad (3)$$

$$j_{v_0} = \begin{cases} j_p, \text{ якщо } i_{v_0} = i_p + 1 \\ j_p - 1, \text{ якщо } i_{v_0} = i_p \end{cases}, \text{ якщо } j_{R1} \le j_{R2}, \quad (4)$$

де v – елемент смуги V, який є сусіднім до p; p – елемент лінії порівняння P.

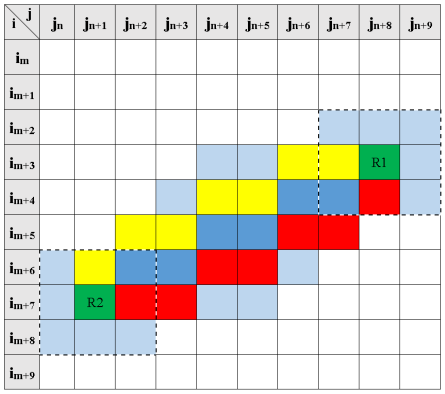

Рис. 5. Виділена ділянка вбудовування даних на масці зображення

На рис. 5 прийняті такі позначення:

- Контурні елементи
- Елементи лінії порівняння P
- Реперні точки R1, R2
- Елементи смуги порівняння V_1
- Елементи смуги порівняння V_0
- Смуга порівняння W

5. Далі здійснюється перенос ділянки вбудовування даних з маски зображення на саме зображення (рис 6):

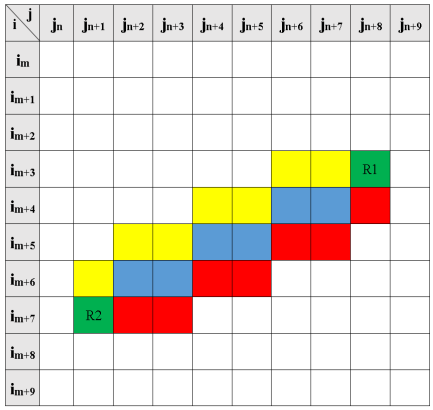

Рис. 6. Виділена ділянка вбудовування даних на вихідному зображенні

На рис. 6 прийняті наступні позначення:

- контурні елементи;
- елементи лінії порівняння P;
- реперні точки R1, R2;
- елементи смуги порівняння V_1;
- елементи смуги порівняння V_0;
- смуга порівняння W.

Етап 2. Після виявлення ділянки відбувається вбудовування інформації. Алгоритм вбудовування такий:

1. Виділяються елементи, які будуть трансформовані, та незмінювані елементи в процесі вбудовування. Для цього здійснюються такі заходи:

а) розставляються елементи смуг порівняння V в порядку зростання (рис. 7);

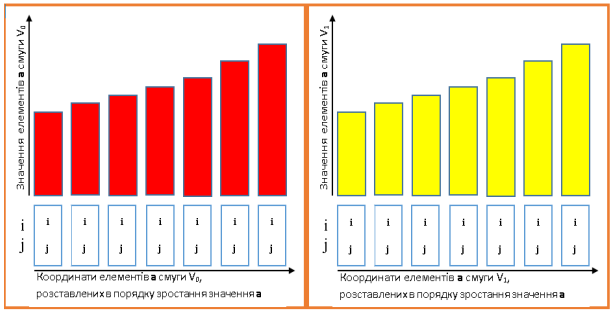

Рис. 7. Розставлені в порядку зростання елементи

б) визначається довжина інтервалів *d* за формулою:

$$d_y = \frac{a_{max_y} - a_{min_y}}{3}, \qquad (5)$$

де *a* – значення елемента зображення; *y* – змінна, що вказує на належність елемента до відповідної смуги порівняння і приймає значення *y = (0,1)*;

с) визначаються границі інтервалів *z* за формулою

$$z_{q_y} = a_{min_y} + d_y * (q - 1), \qquad (6)$$

тут *q* – номер границі інтервалів, *q = (1,4)*.

Елементи, які потрапляють у інтервал $z_2 - z_3$, незмінювані (рис. 8).

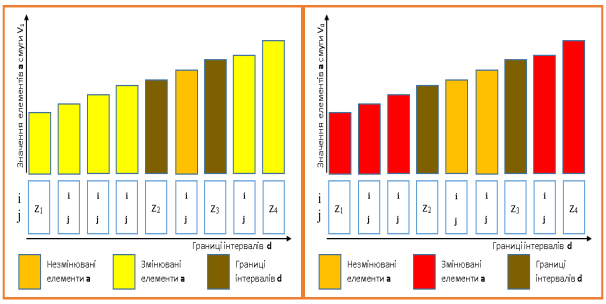

Рис. 8. Незмінювані елементи

2. Перевіряється, що вбудовано в даній ділянці зараз. Для цього виконуються такі дії:

а) розраховуються середні значення S_j за формулою (рис. 9):

$$S_{t_y} = \frac{\sum_{m=1}^{n} a_m}{n}, \qquad (7)$$

де *t* – номер інтервалу, *t = (1,3); n* – кількість елементів *a* на інтервалі; *m* – номер елемента *a* на інтервалі; *m = (1,n);*

б) розраховується коефіцієнт порівняння H

$$H = \frac{S_3}{S_1 + S_2}; \qquad (8)$$

с) порівнюється значення коефіцієнта *H* смуги «1» із значенням коефіцієнта *H* смуги «0». Якщо вбудовується «1», значення коефіцієнта *H* смуги «1» має бути більшим, ніж значення коефіцієнта *H* смуги «0», і навпаки

$$bit = \begin{cases} 1, & H_1 > H_0 + 0{,}06 \\ 0, & H_1 < H_0 - 0{,}06 \end{cases}. \qquad (9)$$

Якщо *bit* відповідає значенню, яке буде приховуватися, то величина *a* залишається незмінною, якщо ж ні – перехід до наступного етапу.

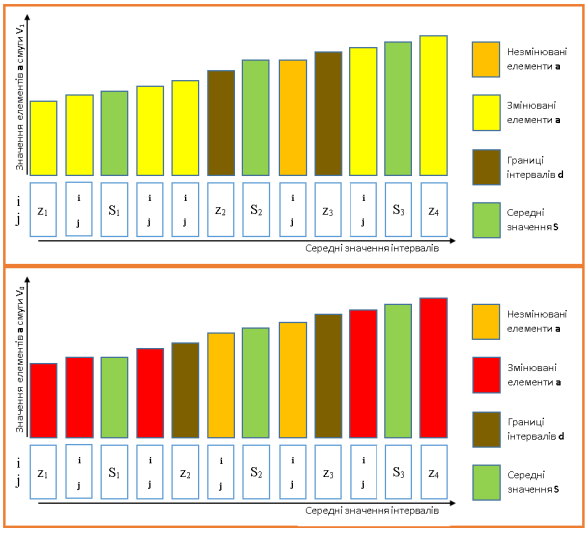

Рис. 9. Середні значення інтервалів

3. Вбудовується потрібний *bit.*

Значення елементів, які входять в інтервали $z_1 - z_2$ і $z_3 - z_4$, змінюються за формулами:

при значенні *bit,* рівному «1»:

$$a_{k_y} = \begin{cases} \begin{cases} a_{k_y} - 1, \text{ при } z_1 \le a_{k_y} < z_2 \\ a_{k_y} + 1, \text{ при } z_3 < a_{k_y} \le z_4 \end{cases}, \text{ при } y = 1 \\ \begin{cases} a_{k_y} + 1, \text{ при } z_1 \le a_{k_y} < z_2 \\ a_{k_y} - 1, \text{ при } z_3 < a_{k_y} \le z_4 \end{cases}, \text{ при } y = 0 \end{cases}; \qquad (10)$$

при значенні *bit,* рівному «0»:

$$a_{k_y} = \begin{cases} \begin{cases} a_{k_y} + 1, \text{ при } z_1 \le a_{k_y} < z_2 \\ a_{k_y} - 1, \text{ при } z_3 < a_{k_y} \le z_4 \end{cases}, \text{ при } y = 1 \\ \begin{cases} a_{k_y} - 1, \text{ при } z_1 \le a_{k_y} < z_2 \\ a_{k_y} + 1, \text{ при } z_3 < a_{k_y} \le z_4 \end{cases}, \text{ при } y = 0 \end{cases}. \qquad (11)$$

Після виконання цього пункту відбувається перехід до пункту 1,b і алгоритм виконується доти, доки не буде задовільняти умова пункту 2,c. Коли умова виконана, повертаємо змінені значення a на вихідні позиції та переходимо до пошуку наступної зони вбудовування. Якщо ця зона виявилася останньою, то зображення-контейнер готовий до передачі.

3. Висновки

Для підвищення рівня захищеності інформації в бездротових каналах зв'язку доцільно використовувати також стеганографічні методи приховування даних. Найпоширенішим методом стеганографічного приховування даних є вбудовування інформації в зображеннях. Для підвищення стійкості вбудованих даних до атак стисканням інформацію потрібно вбудовувати в контури зображення. Розроблений метод вбудовує інформацію в контур зображення непрямим способом. Даний метод характеризується високою стійкістю до атак стисненням, має високу ймовірність безпомилкового вилучення прихованих даних, але має дещо меншу пропускну здатність, аніж такі методи безпосереднього вбудовування, як метод заміни найменш значущого біта.

Література:

1. *Gonzalez R., Woods R.* Digital Image Processing. M.: Technosphere, 2005, 1073 p.

2. *Skodras A., Christopoulos C., and Ebrahimi T.* The jpeg 2000 still image compression standard. IEEE Signal processing magazine, 2001. 18 (5): 36–58.

3. *Pratt W.K., Chen W.H., Welch L.R.* Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications. New York: Polytechnic Press, 1969. P. 63-84.

4. *Miano J.* Formats and image compression algorithms in action [Text] K.: Triumph, 2013. 336 p.

5. *Taubman D. and Marcellin M.* JPEG2000 Image Compression Fundamentals Standards and Practice, Boston: Kluwer: Springer, 2002. 777 p.

6. *Ming Huwi. Horng*. Vector quantization using the firefly algorithm for image compression // Expert Systems with Applications. 2012. Vol. 39, no. 1. Pp. 1078-1091.

7. *Sindeev M., Konushin A., Rother C.* Alpha-flow for video matting, Technical Report. 2012. Pp. 41–46.

8. *Wallace GK,* The JPEG Still Picture Compression Standard," Communication in ACM, vol. 34., No. 4, pp. 31-34, 1991.

9. S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma and W. Gao, "Utility Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression," in IEEE Transactions on Multimedia, vol. 19, no. 3, pp. 660-667, 2017.

10. Y. Zhang, S. Negahdaripour and Q. Li, "Error-resilient coding for underwater video transmission," OCEANS 2016 MTS / IEEE Monterey, CA, 2016, pp. 1-7.

11. O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski and T. Grajek, "Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction," International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP) , Poznan, 2017, pp. 1-6.

12. Xuan Zhu, Li Liu, Peng Jin, Na Ai, "Morphological component decomposition combined with compressed sensing for image compression", 2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), Ningbo, China, DOI:10.1109 / ICInfA.2016.7832096/.

13. Arnob Paul, Tanvir Zaman Khan, Prajoy Podder, Rafi Ahmed, M. Muktadir Rahman, Mamdudul Haque Khan, "Iris image compression using wavelets transform coding", 2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, pp. 544-548, DOI:10.1109 / SPIN.2015.7095407.

14. Okuwobi Idowu Paul and YH Lu, "A New Approach in Digital Image Compression Using Unequal Error Protection (UEP)", Applied Mechanics & Materials, no. 704, pp. 403-407, 2015.

15. Zhu Shuyuan, B. Zeng and M. Gabbouj, "Adaptive sampling for compressed sensing based image compression", Journal of Visual Communication & Image Representation, no. 30, pp. 94-105, 2015.

16. *Баранник В.В.* Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография / В.В. Баранник, Д.В. Баранник, А.Э Бекиров. Х.: Издательство «Лидер», 2017. 256 с.

17. V. V. Barannik, M. P. Karpinski, V. V. Tverdokhleb, D. V. Barannik, V. V. Himenko and M. 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), 2018, pp. 25-28, doi: 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525560.

18. *Ghadah Al-Khafaji and H. Al-Khafaji,* "Medical Image Compression using Wavelet Quadrants of Polynomial Prediction Coding & Bit Plane Slicing", vol. 4, no. 6, 2014.

19. 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.

20. J. Lee, S. Cho, and S.-K. Beack. Context-adaptive entropy model for end-to-end optimized image compression. arXiv preprint arXiv: 1809.10452, 2018.

21. Y. Patel, S. Appalaraju, and R. Manmatha. Human perceptual evaluations for image compression. arXiv preprint arXiv: 1908.04187, 2019.

22. O. Rippel and L. Bourdev. Real-time adaptive image compression. In Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning-Volume 70, pages 2922-2930. JMLR. org, 2017.

23. S. Santurkar, D. Budden, and N. Shavit. Generative compression. In 2018 Picture Coding Symposium (PCS), pages 258-262. IEEE, 2018.

24. Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhleb 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.

25. Li Ji, Zhang Zhi-Guo, Xiao Bin, Yang Ze-Lin and Wang Dun, "Based on discrete orthogonalt chebichef transform for image compression", Classification No. of Chinese Library Classification: TP391 [A], pp. 12-4261-06, 2013.

26. 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.

27. Barannik, V.V., 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. In: Telecommunications and Radio Engineering. Vol. 76. No 9. pp. 785-797. (2017). doi: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i9.40.

28. 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.

29. 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.

30. Vladimir Barannik, Tatyana Belikova, Pavlo Gurzhii.: 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.

31. 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.

32. Barannik V.V., Krasnoruckiy A., Hahanova A. The positional structural-weight coding of the binary view of transformants, Proceedings of the International Conference on East-West Design and Test Symposium (EWDTS), September 2013, pp. 1-4. doi: 10.1109/EWDTS.2013.6673178.

33. Volodymyr 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.

Транслітерований список літератури:

1. Gonzalez R., Woods R., "Digital Image Processing", M.: Technosphere, 2005, 1073 p.

2. A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi. The jpeg 2000 still image compression standard. IEEE Signal processing magazine, 18 (5): 36–58, 2001.

3. Pratt W.K., Chen W.H., Welch L.R., "Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications. " New York: Polytechnic Press, 1969, pp. 63-84.

4. J. Miano. Formats and image compression algorithms in action [Text] K.: Triumph, 2013. 336 p.

5. D. Taubman and M. Marcellin, JPEG2000 Image Compression Fundamentals Standards and Practice, Boston: Kluwer:Springer, pp. 777, 2002.

6. Ming Huwi. Horng, "Vector quantization using the firefly algorithm for image compression", Expert Systems with Applications, vol. 39, no. 1, pp. 1078-1091, 2012.

7. Sindeev M., Konushin A., Rother C., Alpha-flow for video matting, "Technical Report, 2012. pp. 41–46.

8. Wallace GK, "The JPEG Still Picture Compression Standard," Communication in ACM, vol. 34., No. 4, pp. 31-34, 1991.

9. S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma and W. Gao, "Utility Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression," in IEEE Transactions on Multimedia, vol. 19, no. 3, pp. 660-667, 2017.

10. Y. Zhang, S. Negahdaripour and Q. Li, "Error-resilient coding for underwater video transmission," OCEANS 2016 MTS / IEEE Monterey, CA, 2016, pp. 1-7.

11. O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski and T. Grajek, "Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction," International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP) , Poznan, 2017, pp. 1-6.

12. Xuan Zhu, Li Liu, Peng Jin, Na Ai, "Morphological component decomposition combined with compressed sensing for image compression", 2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), Ningbo, China, DOI:10.1109 / ICInfA.2016.7832096/.

13. Arnob Paul, Tanvir Zaman Khan, Prajoy Podder, Rafi Ahmed, M. Muktadir Rahman, Mamdudul Haque Khan, "Iris image compression using wavelets transform coding", 2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, pp. 544-548, DOI:10.1109 / SPIN.2015.7095407.

14. Okuwobi Idowu Paul and YH Lu, "A New Approach in Digital Image Compression Using Unequal Error Protection (UEP)", Applied Mechanics & Materials, no. 704, pp. 403-407, 2015.

15. Zhu Shuyuan, B. Zeng and M. Gabbouj, "Adaptive sampling for compressed sensing based image compression", Journal of Visual Communication & Image Representation, no. 30, pp. 94-105, 2015.

16. *Barannik V.V.* Fundamentals of the theory of structurally combinatorial steganographic coding: monograph / V.V. Barannik, D.V. Barannik, A.E. Bekirov. X .: Publisher "Leader", 2017. 256 p.

17. V. V. Barannik, M. P. Karpinski, V. V. Tverdokhleb, D. V. Barannik, V. V. Himenko and M. 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), 2018, pp. 25-28, doi: 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525560.

18. Ghadah Al-Khafaji and H. Al-Khafaji, "Medical Image Compression using Wavelet Quadrants of Polynomial Prediction Coding & Bit Plane Slicing", vol. 4, no. 6, 2014.

19. 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.

20. J. Lee, S. Cho, and S.-K. Beack. Context-adaptive entropy model for end-to-end optimized image compression. arXiv preprint arXiv: 1809.10452, 2018.

21. Y. Patel, S. Appalaraju, and R. Manmatha. Human perceptual evaluations for image compression. arXiv preprint arXiv: 1908.04187, 2019.

22. O. Rippel and L. Bourdev. Real-time adaptive image compression. In Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning-Volume 70, pages 2922-2930. JMLR. org, 2017.

23. S. Santurkar, D. Budden, and N. Shavit. Generative compression. In 2018 Picture Coding Symposium (PCS), pages 258-262. IEEE, 2018.

24. Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhleb 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.

25. Li Ji, Zhang Zhi-Guo, Xiao Bin, Yang Ze-Lin and Wang Dun, "Based on discrete orthogonalt chebichef transform for image compression", Classification No. of Chinese Library Classification: TP391 [A], pp. 12-4261-06, 2013.

26. 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.

27. *Barannik V.V., Ryabukha Yu.N., Kulits, 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. In: Telecommunications and Radio Engineering. 2017. Vol. 76, No9. P. 785-797. doi: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i9.40.

28. 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.

29. 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.

30. Vladimir Barannik, Tatyana Belikova, Pavlo Gurzhii.: 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.

31. 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.

32. Barannik V.V., Krasnoruckiy A., Hahanova A. The positional structural-weight coding of the binary view of transformants, Proc. of the International Conference on East-West Design and Test Symposium (EWDTS), September 2013, pp. 1-4. doi: 10.1109/EWDTS.2013.6673178.

33. Volodymyr 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.

Надійшла до редколегії 02.06.2020

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Бараннік Володимир Вікторович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ). Наукові інтереси: семантична обробка зображень. Адреса: Україна, 61023, Харків, ул. Сумська, 77/79, e-mail: vvbar.off@gmail.com.

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, e-mail: Barannik_V_V@ukr.net

Бараннік Дмитро Володимирович, аспірант кафедри АПОТ ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: d.v.barannik@gmail.com

Бараннік Валермй Володимирович, студент факультету КІУ ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: valera462000@gmail.com.

Оленич Павло Сергійович, студент факультету КІУ ХНУРЕ. Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Barannik Vladimir Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: vvbar.off@gmail.com.

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

Barannik Dmitriy Vladimirovich, PhD student, Kharkov National University of Radio Electronics, Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: d.v.barannik@gmail.com

Barannik Valery Vladimirovich, student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: valera462000@gmail.com.

Olenych Pavlo, student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14.