

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.39

МЕТОД СНИЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОСТАТОЧНО ИНФОРМАТИВНЫХ СЕГМЕНТОВ АЭРОФОТОСНИМКА

БАРАННИК В.В., БАРАННИК Д.В.,

КРАСНОРУЦКИЙ А.А., ХАХАНОВА А.В.

Обсуждается вариант решения проблемы оперативности доставки аэрофотоснимка, без потери его достоверности, с борта летательного аппарата. Приводится классификация участков аэрофотоснимка в зависимости выполнения задачи по его дешифрированию. Раскрывается вариант реализации технологии дешифровочного кодирования аэрофотоснимка. Рассматривается сравнительная характеристика вероятности правильного дешифрирования цифрового и аналогового аэрофотоснимков. Указываются причины рисков срыва задач по дешифрированию объектов аэрофотосъемки. Предлагается перспективное направление снижения информационной избыточности аэрофотоснимков с сохранением ключевой информации к его дешифрированию.

Ключевые слова: аэрофотоснимок, избыточность, массив сегмента, дешифровочное кодирование, кодограмма.

Key words: aerial imagery, terrain, structural and combinatorial redundancy array segment codegram.

Введение

Анализ внедрения дистанционного видеосервиса в систему предупреждения и локализации кризисных ситуаций показал, что беспилотные авиационные комплексы с функцией аэромониторинга практически в полной мере могут обеспечить органы управления видеoinформацией о протекающих событиях.

В то же время стремительная динамика развития событий в процессе протекания кризисных ситуаций требует повышать не только оперативность, но и достоверность доставки видеoinформации [1,2].

Анализ технологий бортовой обработки видеoinформации свидетельствует о существующем дисбалансе между оперативностью доставки такой информации и ее достоверностью [3,4]. Здесь возникает научно-прикладная проблема, суть которой: уменьшение информационной интенсивности видеопотока, поступающего с борта летательного аппарата, без потери его оперативности и достоверности.

1. Постановка задачи

Исследование рабочего цикла по дешифрированию аэрофотоснимков показывает, что дешифровщик сталкивается с проблематикой потери ключевой информации к его дешифрированию, особенно при выполнении задачи по идентификации объектов интереса, что снижает вероятности правильного дешифрирования (рис.1) [5-8].

Это ведет к срыву выполнения задачи дешифрирования по распознаванию и идентификации объектов интереса в условиях повышения оперативности. Причина здесь кроется в классическом подходе устранения присутствующей на аэрофотоснимке статистической и структурной избыточностей, что составляет основу применяемых технологий семейства JPEG. В работах [8,9] эту проблему предлагается решить при помощи технологии дешифровочного кодирования. Поскольку не все участки участвуют в дешифрировании, то предложенная технология позволяет разделить весь аэрофотоснимок, в зависимости от задач дешифрирования, на не информативные, достаточно информативные и сильно информативные сегменты [10].

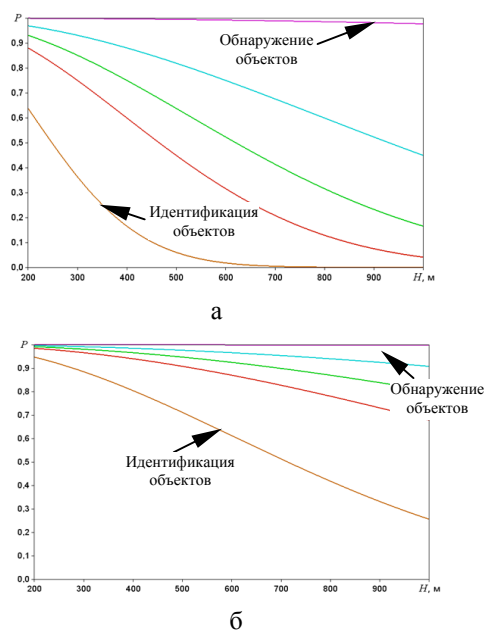


Рис. 1. Зависимость вероятности P правильного дешифрирования объектов интереса от высоты H аэрофотосъемки: а – цифровой сканер 6-PAS-1; б – аналоговый аэрофотоаппарат M164

Такой подход стимулирует разработку новых эффективных алгоритмов снижения информационной избыточности сегментов изображения без разрушения его семантической составляющей (ключевой информации к дешифрированию).

Целью данного исследования является разработка метода снижения информационной интенсивности достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка.

2. Суть метода снижения информационной интенсивности достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка

Для реализации эффективного синтаксического описания элементов сегментов, которые классифицируются как достаточно информативные, предлагается применить для трансформанты $Y_{\text{тр}}$ сегмента метод двухградационного неравномерного позиционного кодирования с динамическим базисом оснований [11, 12].

Структурная схема последовательности обработки трансформант $Y_{\text{тр}}$ достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка представлена на рис. 2.

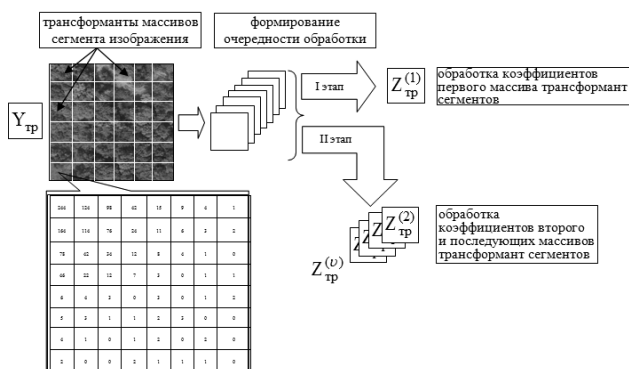


Рис. 2. Структурная схема последовательности обработки трансформированных достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка

Сегменты аэрофотоснимка состоят из массивов размерностью 8×8 элементов (для примера). Соответственно и трансформанты $Z_{\text{тр}}^{(v)}$ этих массивов (после дискретно-косинусного преобразования) имеют такую же размерность. Начальный этап заключается в выстраивании очередности этих трансформант для их дальнейшей обработки. Очередность обработки такой последовательности производится в направлении слева – направо и вниз.

После этого выполняется формирование кодограммы путем обработки элементов трансформант этих массивов в два этапа.

Этап 1. Формирование кодограммы первого массива $Z_{\text{тр}}^{(1)}$ трансформант сегмента. Для осуществления этого этапа применяется метод одноградационного неравномерного позиционного кодирования согласно схеме (рис. 3).

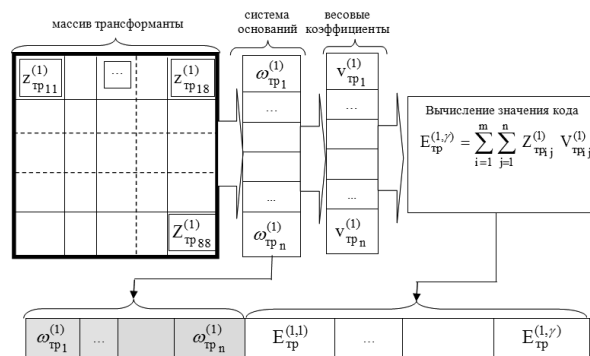


Рис. 3. Структурная схема формирования кодограммы первого массива трансформанты сегмента изображения

Обработка элементов трансформант первого массива $Z_{\text{тр}}^{(1)}$ сегмента ($v = 1$) предусматривает:

1) Формирование элементов системы оснований $\Omega_{\text{тр}}^{(1)} = \{\omega_{\text{тр}ij}^{(1)}\}$ путем вычисления значений динамических диапазонов в строках $w_{\text{тр}i}^{(1)}$ и столбцах $\chi_{\text{тр}j}^{(1)}$ массива $Z_{\text{тр}}^{(1)}$ согласно выражениям:

$$w_{\text{тр}i}^{(1)} = \max_{1 \leq j \leq n} \{z_{\text{тр}ij}^{(1)}\} + 1, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где $z_{\text{тр}ij}^{(1)}$ - элементы первого массива $Z_{\text{тр}}^{(1)}$ трансформанты сегмента $Y_{\text{тр}}^{(1)}$;

$$\chi_{\text{тр}j}^{(1)} = \max_{1 \leq i \leq m} \{z_{\text{тр}ij}^{(1)}\} + 1, \quad j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$\omega_{ij}^{(1)} = \min(w_i^{(1)}, \chi_j^{(1)}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

2) Вычисление значений весовых коэффициентов $V_{\text{тр}ij}^{(1, \gamma)}$ элемента $z_{\text{тр}ij}^{(1)}$ массива трансформанты как произведение оснований всех младших элементов:

$$V_{\text{тр}ij}^{(1)} = \prod_{\zeta=i+1}^m \omega_{\text{тр}\zeta j}^{(1)} \prod_{\zeta=i+1}^m \prod_{u=1}^n \omega_{\text{тр}\zeta u}^{(1)}. \quad (4)$$

3) Формирование кодограммы первого массива трансформанты сегмента ($\tau=1$):

$$E_{\text{тр}}^{(1, \gamma)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{\text{тр}ij}^{(1)} V_{\text{тр}ij}^{(1)}, \quad (5)$$

где γ - индекс неравномерного позиционного числа; $E_{\text{тр}}^{(\tau, \gamma)}$ - код γ -го неравномерного позиционного числа построенного для τ -го массива элементов трансформанты сегмента; $z_{\text{тр}ij}^{(1, \gamma)}$ - значение γ -го неравномерного позиционного числа для первого массива трансформанты сегмента; $V_{\text{тр}ij}^{(1, \gamma)}$ -

весовой коэффициент элемента $z_{\text{тр}ij}^{(1,\gamma)}$ массива трансформанты сегмента.

Этап 2. Формирование кодограммы второго $Z_{\text{тр}}^{(2)}$ и последующих массивов $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ ($\tau = 2 \dots \nu$) трансформант сегмента. Для осуществления рассматриваемого этапа применяется метод двухградационного неравномерного позиционного кодирования с динамическим базисом оснований согласно схеме (рис. 4). Отличительная особенность второго этапа:

- 1) Формируется динамическая система оснований, т.е. формирующаяся система оснований $r_{\text{тр}}^{(\tau)}$ учитывает систему оснований $r_{\text{тр}}^{(\tau-1)}$ предыдущего массива трансформант.
- 2) Вычисление кодов проводится с учетом формирования неравномерного позиционного числа, которое учитывает коэффициент системы оснований предыдущего массива трансформант.

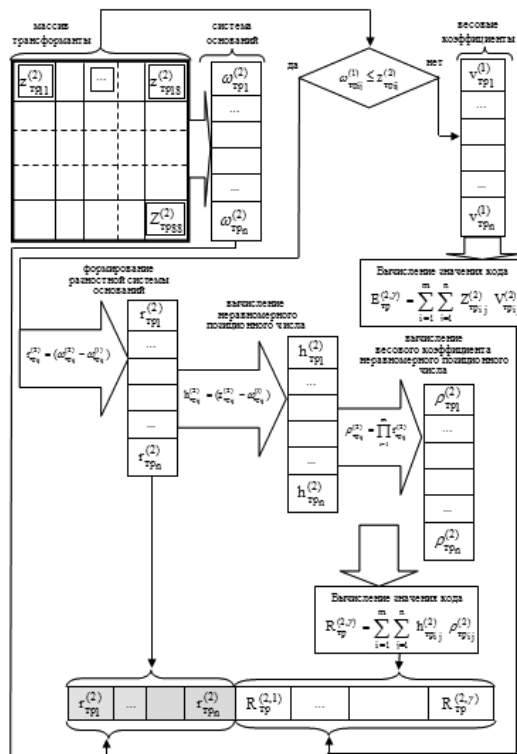


Рис. 4. Структурная схема формирования кодограммы второго и последующих массивов трансформанты сегмента изображения

Обработка элементов трансформант второго и последующих массивов трансформант $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ сегмента ($\tau > 1$) предусматривает:

1) Формирование элементов системы оснований $\Omega_{\text{тр}}^{(\tau)} = \{\omega_{\text{тр}ij}^{(\tau)}\}$ путем вычисления значений динамических диапазонов в строках $w_{\text{тр}i}^{(\tau)}$ и столбцах $\chi_{\text{тр}j}^{(\tau)}$ текущего массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ согласно выражениям:

$$w_{\text{тр}i}^{(\tau)} = \max_{1 \leq j \leq n} \{z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}\} + 1, \quad i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

где $z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}$ - элементы массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ трансформанты сегмента $Y_{\text{тр}}^{(g)}$;

$$\chi_{\text{тр}j}^{(\tau)} = \max_{1 \leq i \leq m} \{z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}\} + 1, \quad j = \overline{1, n}; \quad (7)$$

$$\omega_{\text{тр}ij}^{(\tau)} = \min(w_i^{(\tau)}, \chi_j^{(\tau)}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

2) Сравнительный анализ коэффициентов $z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}$ массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ с элементами системы оснований $\omega_{\text{тр}ij}^{(\tau-1)}$ предыдущего массива трансформанты $Z_{\text{тр}}^{(\tau-1)}$ на их принадлежность к одному или другому классу неравновесных позиционных чисел.

Для каждого класса вычисление кода проводится по разным правилам. Для определения класса проверяется система неравенств:

$$\text{— если } z_{\text{тр}ij}^{(\tau)} < \omega_{\text{тр}ij}^{(\tau-1)}, \text{ то } z_{\text{тр}ij}^{(\tau)} \in Z_{\text{тр}}^{(\tau\gamma)}; \quad (9)$$

$$\text{— если } z_{\text{тр}ij}^{(\tau)} \geq \omega_{\text{тр}ij}^{(\tau-1)}, \text{ то } z_{\text{тр}ij}^{(\tau)} \in H_{\text{тр}}^{(\tau\gamma)}, \quad (10)$$

где $Z_{\text{тр}}^{(\tau\gamma)}$, $H_{\text{тр}}^{(\tau\gamma)}$ - γ -е неравновесное позиционное число τ -го массива, построенное соответственно для абсолютной и дифференциальной (двухградационной) систем оснований.

3) Если выполняется неравенство (9), т.е. коэффициент $z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}$ массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ меньше элемента $\omega_{\text{тр}ij}^{(\tau-1)}$ системы оснований предыдущего массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau-1)}$, то после вычисления весовых коэффициентов $v_{\text{тр}ij}^{(\tau)}$, для текущего коэффициента массива, вычисляется код $E_{\text{тр}}^{(\tau,\gamma)}$:

$$E_{\text{тр}}^{(2,\gamma)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{\text{тр}ij}^{(2)} v_{\text{тр}ij}^{(2)}. \quad (11)$$

4) Если выполняется неравенство (10), т.е. коэффициент $z_{\text{тр}ij}^{(\tau)}$ массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau)}$ больше элемента $\omega_{\text{тр}ij}^{(\tau-1)}$ системы оснований предыдущего массива $Z_{\text{тр}}^{(\tau-1)}$, то:

- формируются элементы $r_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ разностной системы оснований:

$$r_{\text{tpij}}^{(\tau)} = (\omega_{\text{tpij}}^{(\tau)} - \omega_{\text{tpij}}^{(\tau-1)}); \quad (12)$$

- формируются элементы $h_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ неравномерного позиционного числа (происходит перевод коэффициента $z_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ в дифференциальное позиционное число $h_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ с учетом элементов системы оснований предыдущего массива $\omega_{\text{tpij}}^{(\tau-1)}$):

$$h_{\text{tpij}}^{(\tau)} = (z_{\text{tpij}}^{(\tau)} - \omega_{\text{tpij}}^{(\tau-1)}); \quad (13)$$

- формируются элементы $\rho_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ весового коэффициента неравномерного позиционного числа текущего массива:

$$R_{\text{tp}}^{(2,\gamma)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{\text{tpij}}^{(2)} \rho_{\text{tpij}}^{(2)}; \quad (14)$$

- вычисляется код $R_{\text{tp}}^{(\tau,\gamma)}$:

$$R_{\text{tp}}^{(\tau,\gamma)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{\text{tpij}}^{(\tau)} \rho_{\text{tpij}}^{(\tau)}. \quad (15)$$

5) Формируется дополнительная двоичная $U_{\text{tpm,n}}^{(\tau)} = \{u_{\text{tpij}}^{(\tau)}\}$ служебная матрица, предназначенная для учета перевода коэффициента $z_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ в дифференциальное позиционное число (рис. 5).

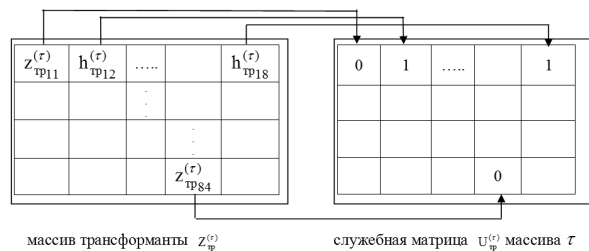


Рис. 5. Структурная схема формирования служебной матрицы $U_{\text{tp}}^{(\tau)}$

Формирование элементов $u_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ служебной матрицы $U_{\text{tpm,n}}^{(\tau)}$ происходит следующим образом.

Если в процессе выполнения алгоритма формирования кодограммы коэффициент $z_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ массива трансформанты $Z_{\text{tp}}^{(\tau)}$ преобразовывается в дифференциальное позиционное число $h_{\text{tpij}}^{(\tau)}$, то элементу

$u_{\text{tpij}}^{(\tau)}$ служебной матрицы $U_{\text{tpm,n}}^{(\tau)}$ присваивается

значение 1, в противном случае - присваивается значение 0:

$$u_{\text{tpij}}^{(\tau)} = \begin{cases} 1, & \rightarrow z_{\text{tpij}}^{(\tau)} \in h_{\text{tpij}}^{(\tau)}; \\ 0, & \rightarrow z_{\text{tpij}}^{(\tau)} \notin h_{\text{tpij}}^{(\tau)}. \end{cases} \quad (16)$$

Таким образом, разработан метод снижения информационной интенсивности достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка на основе двухградационного неравномерного позиционного кодирования с динамическим обновлением базиса.

Выводы

1. Доказано, что эффективным направлением снижения информационной избыточности аэрофотоснимков, поступающих с борта летательного аппарата с сохранением ключевой информации к его дешифрированию, есть технология выделения значимых областей из всего аэрофотоснимка.

2. Построен метод снижения информационной интенсивности достаточно информативных сегментов аэрофотоснимка на основе двухградационного неравномерного позиционного кодирования с динамическим обновлением базиса.

3. Разработанный метод обеспечивает:

- дополнительное повышение степени устранения информационной интенсивности достаточно информативных сегментов без внесения погрешности в исходное изображение;

- учитывает ограничение на вычислительную сложность алгоритма.

Это позволяет передавать неискаженную ключевую информацию к дешифрированию всего аэрофотоснимка, что влияет на повышение вероятности правильного дешифрирования и существенно сокращает временные затраты на выполнение этапов дешифрирования.

Литература: 1. *Алімпієв А.М.* Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні / А.М. Алімпієв, В.В. Бараннік, Т.В. Белікова, С.О. Сідченко // Системи обробки інформації. Харків: ХНУПС, 2017. Вип. 4(150). С. 113-121. 2. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. М.: Техносфера, 2004. 368 с. 3. *Прэтт У.* Цифровая обработка изображений / У. Прэтт. М.: Мир, 1985. 736 с. 4. *Кашкин В.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений / В. Кашкин, А. Сухин. Красноярск: Электронный ресурс, 2008. 121 с. 5. *Гонсанс Р.* Цифровая обработка изображений. / Гонсанс Р., Вудс Р. М.: Техносфера, 2005. 1072 с. 6. *Лабутина И.* Дешифрование аэрокосмических снимков / И. Лабутина. М.: Аспект-Пресс, 2004. 184 с. 7. *Красильников Н.* Цифровая обработка изображений / Н. Красильников. – М.: Вузовская книга, 2011. 320 с. 8. *Barannik, V., Podlesny, S., Krasnorutskyi, A., Musienko, A. and Himenko, V.* (2016),

The ensuring the integrity of information streams under the cyberattacks action, *2016 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*, Yerevan, pp. 1-5, doi: 10.1109/EWDTS.2016.7807752. **9.** Barannik, V., Ryabukha, Yu. and Podlesnyi, S. (2017) Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams, *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, No 76(7). P. 607, doi: /10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40. **10.** Wang, S., Zhang, X., Liu, X., Zhang, J., Ma, S. and Gao, W. (2017) Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression, *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 19, no. 3. P. 660-667. **11.** Barannik, V., Podlesny S., Yalivets K. and Bekirov A. The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword, (2016) *13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Lviv, 2016. P. 52-54, doi: 10.1109/TCSET.2016.7451965. **12.** Barannik, V., Krasnorutskiy, A., Ryabukha, Y. and Okladnoy, D. (2016) Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation, *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Lviv, pp. 736, doi: 10.1109/TCSET.2016.7452167.

Transliterated bibliography.

- Alimpiev, A., Barannik, V., Belikova, T., and Sidchenko, S. (2017), "Teoretychni osnovy stvorennia tekhnolohii protydii prykhovanym informatsiinym atakam v suchasni hibrydni viini" [Theoretical foundations of the creation of technologies for counteracting latent information attacks in the modern hybrid war], *Information processing systems*, No. 4(150). P. 113-121.
- Selomon, D. (2004), "Szhatie dannyh, izobrazhenij i zvuka" [Compression of data, images and sound], Tehnosfera, Moscow. 368 p.
- Prjett, U. (1985), "Cifrovaja obrabotka izobrazhenij" [Digital processing of images], Mir, Moscow. 736 p.
- Kashkin, V. and Suhin, A. (2008) "Cifrovaya obrabotka aerokosmicheskikh izobrazhenij" [Digital processing of aerospace images], Elektroniiy resurs, Krasnoyarsk. 121 p.
- Gonzalez, R. and Woods, R. (2005), "Tsyfrovaya obrabotka yzobrazheny" [Digital image processing], Technosphere, Moscow. 1072 p.
- Labutina, I. (2004), "Deshifrovanie ajerokosmicheskikh snimkov" [Decoding aerospace images], Aspekt-Press, Moscow. 184 p
- Krasil'nikov, N. (2011), "Cifrovaja obrabotka izobrazhenij" [Digital processing of images], Vuzovskaja kniga, Moscow. 320 p.
- .Barannik, V., Podlesny, S., Krasnorutskiy, A., Musienko, A. and Himenko, V. (2016), The ensuring the integrity of information streams under the cyberattacks action, *2016 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*, Yerevan. P. 1-5, doi: /10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40.
- Barannik, V., Ryabukha, Yu. and Podlesnyi, S. (2017), Structural slotting with uniform redistribution for enhancing

trustworthiness of information streams, *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, No 76(7). P. 607, doi: /10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40.

10. Wang, S., Zhang, X., Liu, X., Zhang, J., Ma, S. and Gao, W. (2017), Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol 19, No 3. P. 660-667

11. Barannik, V., Podlesny, S., Yalivets, K. and Bekirov, A. The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword, (2016) *13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Lviv, 2016. P. 52-54, doi: 10.1109/TCSET.2016.7451965

12. Barannik, V., Krasnorutskiy, A., Ryabukha, Y. and Okladnoy, D. (2016), Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation, *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Lviv. P. 736, doi: 10.1109/TCSET.2016.7452167

Поступила в редколлегия 10.01.2018

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

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ Харьковского национального университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба, vvbar.off@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2848-4524. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Баранник Дмитрий Викторович, студент ХНУРЭ, d.v.barannik@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7074-9864. Адрес: Украина, 61166, Харьков, проспект Науки 35.

Краснорутский Андрей Александрович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, докторант Харьковского национального университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Krasnorutsky.a@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9098-360X. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Хаханова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, докторант ХНУРЭ, E-mail: Ann.hahanova@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1318-7973. Адрес: Украина 61166, Харьков, проспект Науки 35.

Barannik Vladimir, Doctor of Technical Science Professor Kharkiv University of Air Force E-mail: vvbar.off@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2848-4524.

Barannik Dmitry, student, Kharkov National University of Radioelectronics. E-mail: d.v.barannik@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7074-9864.

Krasnorutsky Andrii, Candidate of Technical Science Senior Research Kharkiv University of Air Force/ E-mail: Krasnorutsky.a@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9098-360X.

Hahanova Anna, Candidate of Technical Science, docent, Kharkov National University of Radioelectronics E-mail: Ann.Hahanova@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1318-7973.