

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.293276

IMPROVING A METHOD FOR DETECTING AND MEASURING COORDINATES OF A STEALTH AERIAL VEHICLE BY A NETWORK OF TWO SMALL-SIZED RADARS (p. 6–13)**Hennadii Khudov**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-2848>**Andrii Bereznyi**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3667-339X>**Serhii Yarosh**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5208-9372>**Oleksandr Oleksenko**

Air Force Command of UA Armed Forces, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6853-9630>**Mykola Khomik**

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1201-7702>**Iryna Yuzova**

Civil Aviation Institute, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0013-5808>**Andrii Zvonko**

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7410-799X>**Serhii Yarovyi**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6138-5774>**Sergey Glukhov**Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4918-3739>**Anatolii Sobora**State Scientific Research Institute of Armament and Military
Equipment Testing and Certification, Chernihiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4099-0907>

The object of this study is the process of detecting and determining the coordinates of stealth unmanned aerial vehicles by a network of two small-sized radars. The main hypothesis of the study assumes that the use of two small-sized radars, which are connected in a network, could improve the quality of detection and determination of the coordinates of stealth unmanned aerial vehicles.

The improved method for detecting and determining the coordinates of a stealth unmanned aerial vehicle, unlike the known ones, enables the following:

- synchronous inspection of the airspace;
- reception of the signal reflected from a stealth unmanned aerial vehicle by two small-sized radars;

- carrying out coordinated filtering of incoming signals;
- compensation of phase shifts and coherent addition of output signals from matched filters;
- formation of Doppler channels in each small-sized radar and formation of a complex envelope from the output of the corresponding Doppler channel;
- coherent processing (addition) of signals;
- compensation of the random initial phase of signals reflected from a stealth unmanned aerial vehicle by detecting the output signal from the coherent adder;
- measuring the range to a stealth unmanned aerial vehicle by each small-sized radar;
- calculation of the coordinates of a stealth unmanned aerial vehicle.

It was established that at low signal/noise values, the gain in terms of the conditional probability of correct detection is from 25 % to 32 %. It was determined that the use of a network of two small-sized radars makes it possible to reduce the mean square error in determining the coordinates of a stealth unmanned aerial vehicle from 28 % to 37 % on average.

Keywords: small-sized radar, determination of coordinates, two-position network, conditional probability of correct detection.

References

1. Erl, J. (2022). Sensing digital objects in the air: Ultraleap introduces new technology. MIXED. Available at: <https://mixed-news.com/en/sensing-digital-objects-in-the-air-ultraleap-introduces-new-technology/>
2. Carafano, J. J. (2022). Rapid advancements in military tech. Available at: <https://www.gisreportsonline.com/r/military-technology/>
3. Kalibr. Naval Cruise missile family. Available at: <https://www.militarytoday.com/missiles/kalibr.htm>
4. Orlan-10 Uncrewed Aerial Vehicle (UAV) (2023). Available at: <https://www.airforce-technology.com/projects/orlan-10-unmanned-aerial-vehicle-uav/#catfish>
5. Chang, L. ZALA Lancet. Loitering munition. Available at: <https://www.militarytoday.com/aircraft/lancet.htm>
6. Sentinel Radar. URL: <https://www.rtx.com/raytheon/what-we-do/land>
7. NASAMS anti-aircraft missile system. Available at: <https://en.missilery.info/missile/nasams>
8. Chernyak, V. (2014). Signal detection with MIMO radars. Available at: https://www.researchgate.net/publication/267613025_Signal_detection_with_MIMO_radars
9. Khudov, H., Bereznyi, A., Oleksenko, O., Maliuha, V., Balyk, I., Herda, M. et al. (2023). Increasing of the accuracy of determining the coordinates of an aerial object in the two-position network of small-sized radars. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (125)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289623>
10. Bezouwen, J., Brandfass, M. (2017). Technology Trends for Future Radar. Available at: <https://www.microwavejournal.com/articles/29367-technology-trends-for-future-radar>
11. Richards, M. A., Scheer, J. A., Holm, W. A. (Eds.) (2010). Principles of Modern Radar: Basic principles. IET. doi: <https://doi.org/10.1049/sbra021e>

12. Lishchenko, V., Kalimulin, T., Khizhnyak, I., Khudov, H. (2018). The Method of the organization Coordinated Work for Air Surveillance in MIMO Radar. 2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo). doi: <https://doi.org/10.1109/ukrmico43733.2018.9047560>
13. Khudov, H. (2020). The Coherent Signals Processing Method in the Multiradar System of the Same Type Two-coordinate Surveillance Radars with Mechanical Azimuthal Rotation. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8 (6), 2624–2630. doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/66862020>
14. Neyt, X., Raout, J., Kubica, M., Kubica, V., Roques, S., Acheroy, M., Verly, J. Feasibility of STAP for passive GSM-based radar. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.158.2101&rep=rep1&type=pdf>
15. Willis N. J., Nicholas, J. (2005). Bistatic Radar. Raleigh: SciTech Publishing. Available at: <https://dokumen.tips/documents/bistatic-radar-second-edition.html?page=3>
16. Lishchenko, V., Khudov, H., Tiutiunnyk, V., Kuprii, V., Zots, F., Misiyuk, G. (2019). The Method of Increasing the Detection Range of Unmanned Aerial Vehicles In Multiradar Systems Based on Surveillance Radars. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). doi: <https://doi.org/10.1109/elnano.2019.8783263>
17. Ruban, I., Khudov, H., Lishchenko, V., Pukhovi, O., Popov, S., Koles, R. et al. (2020). Assessing the detection zones of radar stations with the additional use of radiation from external sources. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (108)), 6–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216118>
18. LORAN-C. Available at: <https://skybrary.aero/articles/loran-c>
19. Multilateration (MLAT) Concept of Use, Edition 1.0 (2007). International Civil Aviation Organization Asia And Pacific Office. Available at: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/mlat_concept.pdf
20. Neven, W. H., Quilter, T. J., Weedon, R., Hogendoorn, R. A. Wide Area Multilateration Wide Area Multilateration Report on EAT-MP TRS 131/04. Available at: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-05/surveillance-report-wide-area-multilateration-200508.pdf>
21. Mantilla-Gaviria, I. A., Leonardi, M., Balbastre-Tejedor, J. V., de los Reyes, E. (2013). On the application of singular value decomposition and Tikhonov regularization to ill-posed problems in hyperbolic passive location. *Mathematical and Computer Modelling*, 57 (7-8), 1999–2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.03.004>
22. Schau, H., Robinson, A. (1987). Passive source localization employing intersecting spherical surfaces from time-of-arrival differences. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 35 (8), 1223–1225. doi: <https://doi.org/10.1109/tassp.1987.1165266>
23. Ryu, H., Wee, I., Kim, T., Shim, D. H. (2020). Heterogeneous sensor fusion based omnidirectional object detection. 2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS). doi: <https://doi.org/10.23919/iccas50221.2020.9268431>
24. Salman, S., Mir, J., Farooq, M. T., Malik, A. N., Haleemdeen, R. (2021). Machine Learning Inspired Efficient Audio Drone Detection using Acoustic Features. 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST). doi: <https://doi.org/10.1109/ibcast51254.2021.9393232>
25. Yuqi, L., Jianxin, Y., Xianrong, W., Feng, C., Yunhua, R. (2018). Experimental Research on Micro-Doppler Effect of Multi-rotor Drone with Digital Television Based Passive Radar. *Journal of Radars*, 7 (5), 585–592. doi: <https://doi.org/10.12000/JR18062>
26. Wang, W. (2016). Overview of frequency diverse array in radar and navigation applications. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 10 (6), 1001–1012. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2015.0464>
27. Li, J., Stoica, P. (Eds.) (2008). MIMO Radar Signal Processing. John Wiley & Sons, Inc. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470391488>
28. Li, Y. (2021). MIMO Radar Waveform Design: An Overview. *Journal of Beijing Institute of Technology*, 30 (1), 44–59. doi: <https://doi.org/10.15918/j.jbit1004-0579.2021.002>
29. Oleksenko, O., Khudov, H., Petrenko, K., Horobets, Y., Kolianda, V., Kuchuk, N. et al. (2021). The Development of the Method of Radar Observation System Construction of the Airspace on the Basis of Genetic Algorithm. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (8), 23–30. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0821_04
30. Shin, S. -J. (2017). Radar measurement accuracy associated with target RCS fluctuation. *Electronics Letters*, 53 (11), 750–752. doi: <https://doi.org/10.1049/el.2017.0901>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292854

APPROACH TO PROCESSING RADIO SIGNALS WITH AMPLITUDE MODULATION OF MANY COMPONENTS USING ONE-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (p. 14–22)

Ivan Tsymbaliuk

Lviv Polytechnic National University, 12, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5420-0272>

Ivan Horbatyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6495-192X>

The object of research is the methods of using one-dimensional convolutional neural networks in radio receiving systems in order to increase their interference resistance.

The task of the research is to test the hypothesis about the likely higher efficiency of radio signal recognition under conditions of high noise (or weak signals) by neural network models of radio signal reception in comparison with trivial reception systems.

With the use of one-dimensional convolutional neural networks, a higher efficiency of extracting useful information from a signal-noise mixture at sufficiently high noise levels and, accordingly, a higher accuracy of radio signal recognition accuracy has been achieved. This result was achieved due to the specific architecture of convolutional neural networks, the ability to automatically detect important patterns in the data and analyze radio signals more deeply and informatively. Hierarchical representation of data with the selection of more complex and abstract features of the signal as the convolutional neural models become more complicated is one of the main advantages of using the proposed methods and algorithms under complex conditions of radio signal transmission.

The comparison with trivial methods of radio signal processing is performed on the basis of the symbol error probability parameter at different signal-to-noise ratios of the investigated signals and demonstrates a stable decrease in the symbol error probability at signal-to-noise ratios of less than 4 dB.

The results could be used in real radio communication systems, especially under conditions where it is necessary to quickly and

reliably recognize radio signals among noise, under conditions of interference or with weak signals. They could also be useful in military applications, Earth remote sensing systems, mobile communication networks, etc.

Keywords: signal processing, artificial neural network (ANN), convolutional neural network (CNN).

References

- Xu, S., Li, J., Liu, K., Wu, L. (2019). A Parallel GRU Recurrent Network Model and its Application to Multi-Channel Time-Varying Signal Classification. *IEEE Access*, 7, 118739–118748. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2936516>
- Yang, R., Zha, X., Liu, K., Xu, S. (2021). A CNN model embedded with local feature knowledge and its application to time-varying signal classification. *Neural Networks*, 142, 564–572. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.07.018>
- Xian, Y., Pu, Y., Gan, Z., Lu, L., Thompson, A. (2016). Modified DCT-Net for audio signals classification. *Journal of the Acoustical Society of America*, 140, 3405–3405. doi: <https://doi.org/10.1121/1.4970932>
- Yildirim, A., Kiranyaz, S. (2020). 1D Convolutional Neural Networks Versus Automatic Classifiers for Known LPI Radar Signals Under White Gaussian Noise. *IEEE Access*, 8, 180534–180543. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3027472>
- Xiong, J., Pan, J., Du, M. (2023). A Cascade Network for Pattern Recognition Based on Radar Signal Characteristics in Noisy Environments. *Remote Sensing*, 15 (16), 4083. doi: <https://doi.org/10.3390/rs15164083>
- Rahman, M. H., Sejan, M. A. S., Aziz, M. A., You, Y.-H., Song, H.-K. (2023). HyDNN: A Hybrid Deep Learning Framework Based Multiuser Uplink Channel Estimation and Signal Detection for NOMA-OFDM System. *IEEE Access*, 11, 66742–66755. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2023.3290217>
- Zhou, Y., Jiao, X. (2021). Intelligent analysis system for signal processing tasks based on LSTM recurrent neural network algorithm. *Neural Computing and Applications*, 34 (15), 12257–12269. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06478-6>
- Cox, J. A., James, C. D., Aimone, J. B. (2015). A Signal Processing Approach for Cyber Data Classification with Deep Neural Networks. *Procedia Computer Science*, 61, 349–354. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.156>
- Chen, S., Eldar, Y. C., Zhao, L. (2021). Graph Unrolling Networks: Interpretable Neural Networks for Graph Signal Denoising. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 3699–3713. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2021.3087905>
- Rey, S., Segarra, S., Heckel, R., Marques, A. G. (2022). Untrained Graph Neural Networks for Denoising. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 70, 5708–5723. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2022.3223552>
- Monga, V., Li, Y., Eldar, Y. C. (2021). Algorithm Unrolling: Interpretable, Efficient Deep Learning for Signal and Image Processing. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38 (2), 18–44. doi: <https://doi.org/10.1109/msp.2020.3016905>
- Zhang, M., Liu, Z., Li, L., Wang, H. (2018). Enhanced Efficiency BPSK Demodulator Based on One-Dimensional Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, 6, 26939–26948. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2834144>
- Zhu, M., Hu, S., Yang, K., Yan, T., Ye, L., Li, H., Jin, Y. (2023). GMSK Demodulation Combining 1D-CNN and Bi-LSTM Network Over Strong Solar Wind Turbulence Channel. *Radio Science*, 58 (1). doi: <https://doi.org/10.1029/2022rs007438>
- Horbatyy, I. V. (2013). Novi riznovydy moduliatsiyi syhnalu v tsvyrovkykh radioreleinykh systemakh peredavannia. *Problemy telekomunikatsiy*, 2 (11), 44–55. Available at: https://pt.nure.ua/wp-content/uploads/2020/01/132_gorbatyy_modulation.pdf
- Horbatyy, I., Tsymbaliuk, I. (2021). Method for forming datasets of signals with amplitude modulation of many components for neural networks learning. *Infocommunication and Computer Technologies*, 2 (02), 172–181. doi: <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2021-02-02-12>
- Gorbatyy, I. V. (2014). Investigation of the technical efficiency of state-of-the-art telecommunication systems and networks with limited bandwidth and signal power. *Automatic Control and Computer Sciences*, 48 (1), 47–55. doi: <https://doi.org/10.3103/s0146411614010039>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292504

MULTIPLEX TECHNIQUE OF DATA TRANSMISSION IN RESIDUAL CLASS SYSTEMS (p. 23–31)

Denys Bahachuk

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8798-891X>

Matin Hadzhyiev

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7280-3863>

Aleksandr Nazarenko

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0187-0791>

Nick Odegov

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5526-2487>

Dmytro Stepanov

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8299-5402>

The research object: data transmission in optical communication lines. The subject of research is algorithms for the construction of digital data and methods of their transmission over buses in optical computer systems and in backbone fiber-optic systems.

The problem to be solved is the need to devise new methods that ensure increased reliability and cryptographic stability of optical transmission systems. To solve the task, the issue of expanding the theory of timer signal structures and the system of residual classes for the organization of multifactorial multiplex data transmission through the channels of modern information transmission systems was investigated. The factor space is defined (as an example) for fiber optic transmission systems where different multiplexing options are used or may be used.

The possibility of adapting algorithms for the construction of digital signal structures for their further transmission in the system of residual classes by various methods of multiplexing has been substantiated. The main principles of transmission were considered: the principle of independence of multiplexing the transmission of

residues on each module and the principle of logical dependence and physical independence of the system of channels for transmission of residue values for a specific module of a specific system of residue classes.

The basic principle is that at each specific point in time in the multivariate binary space, only one of the possible values of each factor can be equal to unity. A comparison with existing transmission systems shows that the proposed technique could provide data transmission at a speed of up to 16 Tbit/s in a transmission bandwidth of 200 THz. At the same time, the capacity of the alphabet of transmitted characters will be 39468 different characters. It also provides a significant increase in the reliability of the entire transmission system.

Keywords: timer signal structures, algorithms, systems of residual classes, multiplexing, coding, optical transmission systems.

References

- Zhang, H., Ouyang, S., Jiang, J., Wang, S., Wang, Y. (2023). Research on address calibration technology for ternary optical computer decoder. *Optik*, 293, 171263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2023.171263>
- Song, K., Wang, Z., Zhu, J., Yan, L. (2022). Research and application of error correction theory for ternary optical computer based on Hamming code. *Optik*, 267, 169647. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169647>
- Kosianchuk, M. M. (2019). Doskonała forma systemu zalyshkovykh klasiv. Ternopil: TNEU, 224.
- Romanovski, V. G., Prešern, M. (2011). An approach to solving systems of polynomials via modular arithmetics with applications. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 236 (2), 196–208. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2011.06.018>
- Valueva, M. V., Nagornov, N. N., Lyakhov, P. A., Valuev, G. V., Chervyakov, N. I. (2020). Application of the residue number system to reduce hardware costs of the convolutional neural network implementation. *Mathematics and Computers in Simulation*, 177, 232–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2020.04.031>
- Sudeepa, K. B., Aithal, G. (2017). Generation of maximum length non-binary key sequence and its application for stream cipher based on residue number system. *Journal of Computational Science*, 21, 379–386. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2016.10.006>
- Yatskiv, V. V. (2010). Metod pidvyshchennia nadiinosti peredachi danykh u bezprovidnykh sensorykh merezhakh na osnovi systemy zalyshkovykh klasiv. *Radyoelektronika y ynformatyka*, 2, 30–33.
- Zakharchenko, M. V., Kildishev, V. Y., Martynova, O. M., Ilin, D. Yu., Trintina, N. A. (2014). *Systemy peredavannia danykh. Vol. 1: Efektyvnist blokovooho koduvannia*. Odesa: ONAZ im. O.S. Popova, 440.
- Zakharchenko, N. V., Hajiyev, M. M., Salmanov, N. S., Golev, D. V., Sedov, K. S. (2020). Coding efficiency in residual class systems. *Proceedings of the O.S. Popov ONAT*, 1 (2), 25–30. doi: <https://doi.org/10.33243/2518-7139-2020-1-2-25-30>
- Zaharchenko, M., Hadzhyiev, M., Nazarenko, A., Salmanov, N., Shvets, N. (2022). Comparison of Positional and Timer Coding in the System of Residual Classes. *2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*. Lviv-Slavske, 414–418. doi: <https://doi.org/10.1109/tcset55632.2022.9766866>
- Odegov, N., Tatarnytska, I. (2021). Method of calculating the optical fiber geometric parameters with multiple cores. *Problemi Telekomunikacij*, 1 (28), 20–35. doi: <https://doi.org/10.30837/pt.2021.1.02>
- G.694.1. Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid (2012). ITU-T Recommendation, 9.
- Zhang, D., Tan, Z. (2023). Time-stretch optical neural network with time-division multiplexing. *Optical Fiber Technology*, 80, 103438. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2023.103438>
- Yeh, C.-H., Chang, Y.-J., Chow, C.-W., Lin, W.-P. (2019). Utilizing polarization-multiplexing for free space optical communication transmission with security operation. *Optical Fiber Technology*, 52, 101992. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2019.101992>
- Korchinskyi, V., Hadzhyiev, M., Pozdniakov, P., Kildishev, V., Hordiichuk, V. (2018). Development of the procedure for forming nonstationary signal structures based on multicomponent LFM signals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (96)), 29–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.151816>
- Govind, A. (2019). *Nonlinear Fiber Optics*. Elsevier Science. doi: <https://doi.org/10.1016/c2018-0-01168-8>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292850

MODIFICATION OF CHAOTIC INTERLEAVER FOR TURBO CODES WITH A CHANGE TO THE DUFFING EQUATION AND ACCOUNTING FOR THE DISTANCE SPECTRUM OF THE CODE (p. 32–38)

Vladislav Topalov

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1194-1060>

Iryna Tregubova

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2030-7678>

Mykola Severyn

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2706-5205>

Iryna Hurklis

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3216-547X>

Various types of interleavers in turbo codes and their parameters affecting the efficiency of turbo codes are considered. It is noted that the type of interleaver directly affects the efficiency and error correcting of turbo codes. Also, the efficiency of turbo codes is influenced by the parameters of the minimum distance, the length of interleaver, and the distance spectrum of the code.

A modification of the chaotic interleaver of turbo codes is proposed with the change of the equation to the Duffing and with examining the code's distance spectrum with the condition of increasing the code's distance between the code words with a small weight. The algorithm for modifying the chaotic interleaver with the Duffing equation and with examining the code's distance spectrum of turbo codes is presented. The characteristics of the modified chaotic interleaver with the Duffing equation and with examining the code's distance spectrum of turbo codes according to various parameters of turbo codes are given. This modification of the interleaver of turbo codes increased the minimum distance between elements for different lengths of the interleaver and

polynomials of the turbo code by 10 % ...33 %. Given this, there was an increase in the energy efficiency of the turbo codes by 0,05, ..., 0,25 dB in comparison with a chaotic interleaver without modification at the same value of the bit error probability. When increasing the length of the modified chaotic interleaver with the Duffing equation and applying distance spectrum of the code the increasing the energy efficiency of the turbo code slows down compared to the chaotic interleaver without modification.

The application scope of the modified chaotic interleaving with the Duffing equation and with examining the code's distance spectrum of turbo codes is the infocommunication channels for mobile, wired, and satellite communications.

Keywords: chaotic interleaver modification, Duffing equation, Turbo codes, weight distribution, energy efficiency.

References

- Berrou, C., Glavieux, A., Thitimajshima, P. (1993). Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes. Proceedings of ICC '93 - IEEE International Conference on Communications. doi: <https://doi.org/10.1109/icc.1993.397441>
- Mousavi, H., Amiri, I. S., Mostafavi, M. A., Choon, C. Y. (2019). LTE physical layer: Performance analysis and evaluation. Applied Computing and Informatics, 15 (1), 34–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2017.09.008>
- Alebady, W. Y., Hamad, A. A. (2023). Concatenated turbo polar-convolutional codes based on soft cancellation algorithm. Physical Communication, 58, 102010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2023.102010>
- Heegard, C., Wicker, S. B. (1999). Turbo Coding. Springer, 206. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2999-3>
- Andrews, K., Heegard, C., Kozen, D. (1997). A Theory of Interleavers. Available at: https://www.researchgate.net/publication/2264878_A_Theory_of_Interleavers
- Jinhong Yuan, Vucetic, B., Wen Feng. (1999). Combined turbo codes and interleaver design. IEEE Transactions on Communications, 47 (4), 484–487. doi: <https://doi.org/10.1109/26.764913>
- Dyrda, V., Dyrda, O. (2002). Shchodo pobudovy efektyvnykh heneratoriv psevdovypadkovykh chysel. Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova, 1, 71–75.
- Dolar, S., Divsalar, D. (1995). Weight Distributions for Turbo Codes Using Random and Nonrandom Permutations. TDA Progress Report 42-12, 56–65. Available at: https://www.researchgate.net/publication/243773610_Weight_Distributions_for_Turbo_Codes_Using_Random_and_Nonrandom_Permutations
- Topalov, V., Zaharchenko, N., Kononovich, V. (2008). Modifikatsiya peremeshchivaniya s kodovym sootvetstviem. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 35, 26–30.
- Sahnoune, A., Berkani, D. (2021). On the performance of chaotic interleaver for turbo codes. SN Applied Sciences, 3 (1). doi: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04147-w>
- Urrea, C., Kern, J., López-Escobar, R. (2022). Design of Chaotic Interleaver Based on Duffing Map for Turbo Code. Symmetry, 14 (12), 2529. doi: <https://doi.org/10.3390/sym14122529>
- Bazzi, L., Mahdian, M., Spielman, D. A. (2009). The Minimum Distance of Turbo-Like Codes. IEEE Transactions on Information Theory, 55 (1), 6–15. doi: <https://doi.org/10.1109/tit.2008.2008114>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.293511

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED DECISION-MAKING SYSTEM SYNTHESIS METHOD IN THE MANAGEMENT OF INFORMATION SECURITY CHANNELS (p. 39–49)

Olexander Shmatko

National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2426-900X>

Serhii Herasymov

National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1810-0387>

Yurii Lysetskyi

SNT Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5080-1856>

Serhii Yevseiev

National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1647-6444>

Oleksandr Sievierinov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv,
Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6327-6405>

Tetiana Voitko

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4326-0633>

Andrii Zakharchevskiy

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7019-9949>

Helen Makogon

Military Institute for Tank Troops of the National Technical
University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-8707>

Alexander Nesterov

Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and
Information Technology, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5092-6205>

Kyrylo Bondarenko

National Technical University “Kharkiv polytechnic institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-155X>

In the process of transmission channels functioning, the results of the work of bodies for detecting and blocking information leakage channels are not sufficiently taken into account. Management of information protection channels is actually the collection and display of data followed by the assignment of influence on each information channel separately and is carried out in manual mode. In decision support systems, the tasks of identifying information leakage channels are not solved. There is a contradiction between the requirements for the automation of the management of information protection channels and the possibility of meeting these requirements at the expense of the available automation tools. Classical theory considers the decision-making process as a choice of one of many alternatives. The development of rational forms and methods of managing information protection channels should prevent threats

and challenges. Therefore, the object of research is the process of ensuring security during data transmission through information channels. The main threats and challenges are man-made and natural cataclysms, terrorism, aggression by a number of states or individual groups of people, which are not taken into account in the complex in the decision-making system during the management of information protection channels. A structural diagram of information exchange based on the description of a weakly formalized process under conditions of non-stochastic uncertainty is proposed. It is proposed to use the logical-linguistic production model. For a hierarchically organized structure based on classification features, it is proposed to build a hierarchy tree that takes into account the relationships of partially ordered sets. The formed production rules for determining appropriate strategies for the planned detection of information leakage channels based on predicted values allow to proceed to knowledge processing for the synthesis of an automated decision-making system during the management of protection channels.

Keywords: information channel, information protection, logical-linguistic model, production rules, information leakage.

References

- Petrunia, Yu. Ye., Litovchenko, B. V., Pasichnyk, T. O. et al.; Petrunia, Yu. Ye. (Ed.) (2020). *Pryiniattia upravlynskykh rishen*. Dnipro: Universytet mytnoi spravy ta finansiv, 276. Available at: <http://biblio.umf.dp.ua/jspui/bitstream/123456789/4070/1/Prinyattia%20upr%20rishen%202020.pdf>
- Yevseiev, S., Hryshchuk, R., Molodetska, K., Nazarkevych, M., Hrytsky, V., Milov, O. et al.; Yevseiev, S., Hryshchuk, R., Molodetska, K., Nazarkevych, M. (Eds.) (2022). Modeling of security systems for critical infrastructure facilities. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 196. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-57-2>
- Butko, M. P., Butko, I. M., Mashchenko, V. P. et al.; Butko, M. P. (Ed.) (2015). *Teoriya pryiniattia rishen*. Kyiv: «Tsentrucho-bovoi literatury», 360. Available at: https://duikt.edu.ua/uploads/1_101_88535923.pdf
- Sokolov, A. Y. (1999). Algebraic approach on fuzzy control. *IFAC Proceedings Volumes*, 32 (2), 5386–5391. doi: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)56917-7](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)56917-7)
- Yevseiev, S., Herasymov, S., Kuznietsov, O., Opirskyy, I., Volkov, A., Peleshok, Y. et al. (2023). Method of assessment of frequency resolution for aircraft. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (122)), 34–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277898>
- Bidiuk, P. I., Tymoshchuk, O. L., Kovalenko, A. Ye., Korshevniuk, L. O. (2022). *Systemy i metody pidtrymky pryiniattia rishen*. Kyiv: KPI, 610. Available at: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48418/1/Systemy_i_metody_pidtrymky_pryiniattia_rishen.pdf
- Yevseiev, S., Kuznietsov, O., Herasimov, S., Horielyshev, S., Karlov, A., Kovalov, I. et al. (2021). Development of an optimization method for measuring the Doppler frequency of a packet taking into account the fluctuations of the initial phases of its radio pulses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (110)), 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229221>
- Yevseiev, S., Ponomarenko, V., Laptiev, O., Milov, O., Korol, O., Milevskyy, S. et al.; Yevseiev, S., Ponomarenko, V., Laptiev, O., Milov, O. (Eds.) (2021). Synergy of building cybersecurity systems. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 188. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-31-2>
- Komeylian, S., Paolini, C., Sarkar, M. (2023). Beamforming Technique for Improving Physical Layer Security in an MIMO-OFDM Wireless Channel. *Advances in Distributed Computing and Machine Learning*, 127–134. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-99-1203-2_11
- Li, Z., Lin, Q., Wu, Y.-C., Ng, D. W. K., Nallanathan, A. (2023). Enhancing Physical Layer Security with RIS under Multi-Antenna Eavesdroppers and Spatially Correlated Channel Uncertainties. *IEEE Transactions on Communications*, 1–1. doi: <https://doi.org/10.1109/tcomm.2023.3333919>
- Qu, K., Wang, Z., Li, Z., Li, Z. (2023). Vectorial-Manipulating Encryption for Multi-Channel Capacity and Security Enhancement. *Laser & Photonics Reviews*, 17 (10). doi: <https://doi.org/10.1002/lpor.202300105>
- Mizuno, T., Nishikawa, H., Kong, X., Tomiyama, H. (2023). Empirical analysis of power side-channel leakage of high-level synthesis designed AES circuits. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, 12 (3), 305. doi: <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i3.pp305-319>
- Qiu, X., Yu, J., Zhuang, W., Li, G., Sun, X. (2023). Channel Prediction-Based Security Authentication for Artificial Intelligence of Things. *Sensors*, 23 (15), 6711. doi: <https://doi.org/10.3390/s23156711>
- Culbreth, S., Graham, S. (2023). Demonstrating Redundancy Advantages of a Three-Channel Communication Protocol. *International Conference on Cyber Warfare and Security*, 18 (1), 513–522. doi: <https://doi.org/10.34190/iccws.18.1.964>
- Marabissi, D., Abrardo, A., Mucchi, L. (2023). A new framework for Physical Layer Security in HetNets based on Radio Resource Allocation and Reinforcement Learning. *Mobile Networks and Applications*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11036-023-02149-z>
- Masure, L., Cassiers, G., Hendrickx, J., Standaert, F.-X. (2023). Information Bounds and Convergence Rates for Side-Channel Security Evaluators. *IACR Transactions on Cryptographic Hardware and Embedded Systems*, 522–569. doi: <https://doi.org/10.46586/tches.v2023.i3.522-569>
- Masure, L., Standaert, F.-X. (2023). Prouff and Rivain's Formal Security Proof of Masking, Revisited. *Lecture Notes in Computer Science*, 343–376. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-38548-3_12
- Diaz, Á., Kaschel, H. (2023). Scalable Electronic Health Record Management System Using a Dual-Channel Blockchain Hyperledger Fabric. *Systems*, 11 (7), 346. doi: <https://doi.org/10.3390/systems11070346>
- Wichelmann, J., Peredy, C., Sieck, F., Pättschke, A., Eisenbarth, T. (2023). MAMBO-V: Dynamic Side-Channel Leakage Analysis on RISC-V. *Lecture Notes in Computer Science*, 3–23. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35504-2_1
- Fedushko, S., Molodetska, K., Syerov, Y. (2023). Analytical method to improve the decision-making criteria approach in managing digital social channels. *Heliyon*, 9 (6), e16828. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16828>
- Mookerjee, R., Samuel, J. (2023). Managing the security of information systems with partially observable vulnerability. *Production and Operations Management*, 32 (9), 2902–2920. doi: <https://doi.org/10.1111/poms.14015>
- Grant, D. G., Behrends, J., Basl, J. (2023). What we owe to decision-subjects: beyond transparency and explanation in automated decision-making. *Philosophical Studies*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11098-023-02013-6>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.293276

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ МАЛОПОМІТНОГО ПОВІТРЯНОГО ОБ'ЄКТА МЕРЕЖЕЮ ДВОХ МАЛОГАБАРИТНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ (с. 6–13)

Г. В. Худов, А. О. Бережний, С. П. Ярош, О. О. Олексенко, М. М. Хомик, І. Ю. Юзова, А. А. Звонко, С. В. Яровий, С. І. Глухов, А. І. Собора

Об'єктом дослідження є процес виявлення та визначення координат малопомітних повітряних об'єктів мережею двох малогабаритних радіолокаційних станцій. Основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що використання двох малогабаритних радіолокаційних станцій, які поєднані у мережу, дозволить підвищити якість виявлення та визначення координат малопомітних повітряних об'єктів.

Удосконалений метод виявлення та визначення координат малопомітного повітряного об'єкту, на відміну від відомих, передбачає:

- синхронний огляд повітряного простору;
- приймання відбитого від малопомітного повітряного об'єкта сигналу двома малогабаритними радіолокаційними станціями;
- проведення узгодженої фільтрації вхідних сигналів;
- компенсація фазових зсувів та когерентне додавання вихідних сигналів з узгоджених фільтрів;
- формування доплерівських каналів в кожній малогабаритній радіолокаційній станції та формування комплексної обвідної з виходу відповідного доплерівського каналу;
- когерентна обробка (додавання) сигналів;
- компенсація випадкової початкової фази сигналів, що відбиті від малопомітного повітряного об'єкту шляхом детектування вихідного сигналу з когерентного суматора;
- вимірювання дальності до малопомітного повітряного об'єкту кожною малогабаритною радіолокаційною станцією;
- розрахунок координат малопомітного повітряного об'єкту.

Встановлено, що при малих значеннях сигнал/шум вираш в значенні умовної імовірності правильного виявлення складає від 25 % до 32 %. Встановлено, що використання мережі двох малогабаритних радіолокаційних станцій дозволяє зменшити значення середньої квадратичної помилки визначення координат малопомітного повітряного об'єкта в середньому від 28 % до 37 %.

Ключові слова: малогабаритна радіолокаційна станція, визначення координат, двопозиційна мережа, умовна імовірність правильного виявлення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292854

ПІДХІД ДО ОБРОБЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ З АМПЛІТУДНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ БАГАТЬОХ СКЛАДОВИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ОДНОВИМІРНОЇ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (с. 14–22)

І. Р. Цимбалюк, І. В. Горбатий

Об'єктом дослідження є методики застосування одновимірних згорткових нейронних мереж в радіоприймальних системах з метою підвищення їх завадостійкості.

Завданням досліджень є перевіряння гіпотези про імовірну більшу ефективність розпізнавання радіосигналів в умовах високих шумів (або малих амплітудах сигналів) моделями штучних нейронних мереж приймання радіосигналів в порівнянні з тривіальними приймальними системами.

З використанням згорткових нейронних мереж досягнуто вищої ефективності виділення корисної інформації з суміші сигнал-шум при достатньо високих рівнях шуму, і, відповідно, вищої точності розпізнавання радіосигналів. Такий результат досягнуто завдяки специфічній архітектурі згорткових нейронних мереж, здатності автоматично виявляти важливі закономірності в даних, більш глибоко та інформативно аналізувати радіосигнали. Ієрархічне представлення даних з виділенням більш складних і абстрактних особливостей сигналу за умови ускладнення моделей згорткових нейронних мереж є однією з основних переваг використання запропонованих методів та алгоритмів в складних умовах передавання радіосигналів.

Порівняння з тривіальними способами оброблення радіосигналів виконано на основі параметру ймовірності символічної помилки при різних відношеннях сигнал-шум досліджуваних сигналів та демонструє стабільне зменшення імовірності символічної помилки при відношеннях сигнал-шум менше 4 дБ.

Результати можуть бути використані в реальних радіокомунікаційних системах, особливо в умовах, коли потрібно швидко і надійно розпізнавати радіосигнали серед шумів, в умовах штучних завод або при малих амплітудах сигналів. Також вони можуть бути корисними у військових застосуваннях, системах дистанційного зондування Землі, мобільних комунікаційних мережах тощо.

Ключові слова: оброблення сигналів, штучна нейронна мережа, згорткова нейронна мережа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292504**МУЛЬТИПЛЕКСНИЙ СПОСІБ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ (с. 23–31)****Д. Г. Багачук, М. М. Гаджисв, О. А. Назаренко, М. А. Одегов, Д. М. Степанов**

Досліджується об'єкт: передача даних в оптичних лініях зв'язку. Предметом досліджень є алгоритми формування цифрових даних та методи їх передачі по шинам в оптичних обчислювальних системах та в магістральних волоконно-оптичних системах.

Проблема, що вирішується, полягає в необхідності розробки нових методів, що забезпечують підвищення надійності та криптографічної стійкості оптичних систем передачі. Для вирішення проблеми досліджуються питання розширення теорії таймерних сигнальних конструкцій та системи залишкових класів для організації багатофакторної мультиплексної передачі даних каналами сучасних систем передачі інформації. Факторний простір визначається (як приклад) для волоконно-оптичних систем передавання, де використовуються або можуть бути використані різні варіанти мультиплексування.

Обґрунтовано можливість адаптації алгоритмів формування цифрових сигнальних конструкцій для їх подальшої передачі у системі залишкових класів різними способами мультиплексування. Розглянуто основні принципи передачі: принцип незалежності мультиплексування передачі залишків по кожному модулю та принцип логічної залежності та фізичної незалежності системи каналів передавання значень залишків для конкретного модуля конкретної системи залишкових класів.

Основний принцип полягає в тому, що в кожний конкретний момент часу в багатофакторному бінарному просторі тільки одне з можливих значень кожного фактора може дорівнювати одиниці. Порівняння з існуючими системами передавання показує, що запропонований спосіб може забезпечити передачу даних зі швидкістю до 16 Тбіт/с у ширині полоси передачі 200 ТГц. При цьому ємність алфавіту символів, що передаються становитиме 39468 різних символів. Також забезпечується істотне підвищення надійності всієї системи передачі.

Ключові слова: таймерні сигнальні конструкції, алгоритми, системи залишкових класів, мультиплексування, кодування, оптичні системи передавання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292850**РОЗРОБКА МОДИФІКАЦІЇ ХАОТИЧНОГО ПЕРЕМЕЖУВАЧА У СКЛАДІ ТУРБО-КОДУ ЗІ ЗМІНОЮ НА РІВНЯННЯ ДУФІНГА ТА ВРАХОВУВАННЯМ ДИСТАНЦІЙНОГО СПЕКТРА КОДУ (с. 32–38)****В. В. Топалов, І. А. Трегубова, М. В. Северин, І. В. Гуркліс**

Розглянуто різні типи перемешувачів у складі турбо-кодів та їх параметри, що впливають на ефективність турбо-кодів. Зазначено, що тип перемешувача тобто закон формування елементів у перемешувачі дуже суттєво впливає на ефективність та завадостійкість турбо-кодів. Також на ефективність турбо-кодів впливає параметри мінімальної відстані, довжини перемешувача та дистанційний спектр коду.

Запропоновано модифікація хаотичного перемешувача у складі турбо-коду зі зміною рівняння на рівняння Дуфінга та враховування дистанційного спектра коду з умовою збільшення відстані між кодовими словами малою вагою. Представлено алгоритм модифікації хаотичного перемешувача за рівнянням Дуфінга та враховуванням дистанційного спектра коду у складі турбо-коду. Наведені характеристики модифікованого хаотичного перемешувача з рівнянням Дуфінга та враховуванням дистанційного спектра коду у складі турбо-кодів за різними параметрами турбо-кодів. Дана модифікація перемешувача у складі турбо-кодів підвищила мінімальну відстань між елементами за різними довжинами перемешувача та поліномами турбо-коду від 10 % до 33 %. Завдяки цьому відбулося підвищення енергетичної ефективності турбо-коду від 0,05, ..., 0,25 дБ в порівнянні з хаотичним перемешувачем без модифікації у складі турбо-коду за тим самим значенням ймовірності помилки біта. Показано, що при збільшенні довжини модифікованого хаотичного перемешувача з рівнянням Дуфінга та враховуванням дистанційного спектра коду підвищення енергетичної ефективності турбо-коду в порівнянні з хаотичним перемешувачем без модифікації уповільнюється.

Сфера застосування модифікованого хаотичного перемешувача з рівнянням Дуфінга та враховуванням дистанційного спектра коду у складі турбо-коду є канали інфокомунікацій рухомого, провідного та супутникового зв'язку.

Ключові слова: модифікований хаотичний перемешувач, рівняння Дуфінга, турбо-коди, дистанційний спектр, енергетична ефективність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.293511**РОЗРОБКА МЕТОДУ СИНТЕЗА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ КАНАЛАМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ (с. 39–49)****О. В. Шматко, С. В. Герасимов, Ю. М. Лисецький, С. П. Євсєєв, О. В. Северінов, М. П. Войтко, А. Г. Захаржевський, О. А. Макогон, О. М. Нестеров, К. О. Бондаренко**

У процесі функціонування каналів передачі недостатньо враховуються результати роботи органів виявлення та блокування каналів витоку інформації. Управління каналами захисту інформації фактично є збирання та відображення даних із наступним при-

значенням впливу по кожному інформаційному каналу окремо і проводиться в ручному режимі. У системах підтримки прийняття рішень завдання щодо виявлення каналів витоку інформації не вирішуються. Виникає суперечність між вимогами до автоматизації управління каналами захисту інформації та можливістю задовольнити ці вимоги за рахунок наявних засобів автоматизації. Класична теорія розглядає процес прийняття рішень як вибір однієї з безлічі альтернатив. Розробка раціональних форм та методів управління каналами захисту інформації має запобігати загрозам та викликам. Тому об'єктом дослідження є процес забезпечення безпеки під час передачі даних інформаційними каналами. Основними загрозами та викликами є техногенні та природні катаклізми, тероризм, агресія з боку низки держав або окремих груп людей, які в комплексі не враховуються у системі прийняття рішень під час управління каналами захисту інформації. Запропоновано структурну схему обміну інформацією на основі опису слабо формалізованого процесу в умовах нестохастичної невизначеності. Пропонується використовувати логіко-лінгвістичну продукційну модель. Для ієрархічно організованої структури, заснованої на класифікаційних ознаках, пропонується побудувати дерево ієрархії, що враховує взаємозв'язки частково впорядкованих множин. Сформовані продукційні правила визначення доцільних стратегій запланованого виявлення каналів витоку інформації за прогнозованими значеннями дозволяють перейти до обробки знань для синтезу автоматизованої системи прийняття рішень під час управління каналами захисту.

Ключові слова: інформаційний канал, захист інформації, логіко-лінгвістична модель, продукційні правила, витік інформації.