

- - - - - ABSTRACT AND REFERENCES - - - - -
 INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311778
DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK WITH A LAYER OF TRAINABLE ACTIVATION FUNCTIONS FOR THE SECOND STAGE OF THE ENSEMBLE CLASSIFIER WITH STACKING (p. 6–13)

Oleg Galchonkov

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-7299>

Oleksii Baranov

Oracle Corporation, Austin, United States
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5951-2636>

Svetlana Antoshchuk

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9346-145X>

Oleh Maslov

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0288-0289>

Mykola Babych

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3946-9880>

One of the promising directions for improving the quality of object recognition in images and parallelizing calculations is the use of ensemble classifiers with stacking. A neural network at the second level makes it possible to achieve the resulting quality of classification, which is significantly higher than each of the networks of the first level separately. The classification quality of the entire ensemble classifier with stacking depends on the efficiency of the neural networks at the first stage, their number, and the quality of the classification of the neural network of the second stage. This paper proposes a neural network architecture for the second stage of the ensemble classifier, which combines the approximating properties of traditional neurons and learning activation functions. Gaussian Radial Basis Functions (RBFs) were chosen to implement the learned activation functions, which are summed with the learned weights. The experimental studies showed that when working with the CIFAR-10 data set, the best results are obtained when six RBFs are used. A comparison with the use of multilayer perceptron (MLP) in the second stage showed a reduction in classification errors by 0.45–1.9 % depending on the number of neural networks in the first stage. At the same time, the proposed neural network architecture for the second degree had 1.69–3.7 times less learning coefficients than MLP. This result is explained by the fact that the use of an output layer with ordinary neurons allowed us not to enter into the architecture many learning activation functions for each output signal of the first stage, but to limit ourselves to only one. Since the results were obtained on the CIFAR-10 universal data set, a similar effect could be obtained on a large number of similar practical data sets.

Keywords: multilayer perceptron, neural network, ensemble classifier, weighting coefficients, classification of objects in images.

References

1. Rokach, L. (2019). Ensemble Learning. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1142/11325>
2. Galchonkov, O., Babych, M., Zasadko, A., Poberezhnyi, S. (2022). Using a neural network in the second stage of the ensemble classifier to improve the quality of classification of objects in images. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (9 (117)), 15–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258187>
3. Liu, Z., Wang, Y., Vaidya, S., Ruehle, F., Halverson, J., Soljačić, M. et al. (2024). KAN: Kolmogorov-Arnold Networks. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.19756>
4. Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. Neural Networks, 2 (5), 359–366. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(89\)90020-8](https://doi.org/10.1016/0893-6080(89)90020-8)
5. Braun, J., Griebel, M. (2009). On a Constructive Proof of Kolmogorov's Superposition Theorem. Constructive Approximation, 30 (3), 653–675. <https://doi.org/10.1007/s00365-009-9054-2>
6. Hao, H., Zhang, X., Li, B., Zhou, A. (2024). A First Look at Kolmogorov-Arnold Networks in Surrogate-assisted Evolutionary Algorithms. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.16494>
7. Drokin, I. (2024). Kolmogorov-Arnold Convolutions: Design Principles and Empirical Studies. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.01092>
8. Tolstikhin, I., Houlsby, N., Kolesnikov, A., Beyer, L., Zhai, X., Unterthiner, T. et al. (2021). MLP-Mixer: An all-MLP Architecture for Vision. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.01601>
9. Cheon, M. (2024). Demonstrating the efficacy of Kolmogorov-Arnold Networks in vision tasks. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.14916>
10. Zhang, F., Zhang, X. (2024). GraphKAN: Enhancing Feature Extraction with Graph Kolmogorov Arnold Networks. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.13597>
11. Xu, J., Chen, Z., Li, J., Yang, S., Wang, W., Hu, X. et al. (2024). FourierKAN-GCF: Fourier Kolmogorov-Arnold Network – An Effective and Efficient Feature Transformation for Graph Collaborative Filtering. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.01034>
12. Vaca-Rubio, C. J., Blanco, L., Pereira, R., Caus, M. (2024). Kolmogorov-Arnold Networks (KANs) for Time Series Analysis. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.08790>
13. Inzirillo, H., Genet, R. (2024). SigKAN: Signature-Weighted Kolmogorov-Arnold Networks for Time Series. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.17890>
14. Ismayilova, A., Ismayilov, M. (2023). On the universal approximation property of radial basis function neural networks. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 92 (3), 691–701. <https://doi.org/10.1007/s10472-023-09901-x>
15. Li, Z. (2024). Kolmogorov-Arnold Networks are Radial Basis Function Networks. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.06721>
16. Bao, X., Liu, G., Yang, G., Wang, S. (2020). Multi-instance Multi-label Text Categorization Algorithm Based on Multi-quadric Function Radial Basis Network Model. 2020 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD), 1998, 133–136. <https://doi.org/10.1109/icaibd49809.2020.9137478>
17. Basha Kattubadi, I., Murthy Garimella, R. (2020). Novel Deep Learning Architectures: Feature Extractor and Radial Basis Function Neural Network. 2020 International Conference on Computational Performance Evaluation (ComPE), 024–027. <https://doi.org/10.1109/compe49325.2020.9200146>

18. He, Z.-R., Lin, Y.-T., Lee, S.-J., Wu, C.-H. (2018). A RBF Network Approach for Function Approximation. 2018 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), 9, 105–109. <https://doi.org/10.1109/icinfa.2018.8812435>
19. Panda, S., Panda, G. (2022). On the Development and Performance Evaluation of Improved Radial Basis Function Neural Networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 52 (6), 3873–3884. <https://doi.org/10.1109/tsmc.2021.3076747>
20. Wu, C., Kong, X., Yang, Z. (2018). An Online Self-Adaption Learning Algorithm for Hyper Basis Function Neural Network. 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), 9, 215–220. <https://doi.org/10.1109/imcec.2018.8469684>
21. Seydi, S. T. (2024). Exploring the Potential of Polynomial Basis Functions in Kolmogorov-Arnold Networks: A Comparative Study of Different Groups of Polynomials. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.02583>
22. Seydi, S. T. (2024). Unveiling the Power of Wavelets: A Wavelet-based Kolmogorov-Arnold Network for Hyperspectral Image Classification. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.07869>
23. Qiu, Q., Zhu, T., Gong, H., Chen, L., Ning, H. (2024). ReLU-KAN: New Kolmogorov-Arnold Networks that Only Need Matrix Addition, Dot Multiplication, and ReLU. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.02075>
24. Krizhevsky, A. The CIFAR-10 dataset. Available at: <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>
25. Hassani, A., Walton, S., Shah, N., Abuduweili, A., Li, J., Shi, H. (2021). Escaping the Big Data Paradigm with Compact Transformers. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.05704>
26. Guo, M.-H., Liu, Z.-N., Mu, T.-J., Hu, S.-M. (2022). Beyond Self-Attention: External Attention Using Two Linear Layers for Visual Tasks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/tpami.2022.3211006>
27. Lee-Thorp, J., Ainslie, J., Eckstein, I., Ontanon, S. (2022). FNet: Mixing Tokens with Fourier Transforms. *Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.naacl-main.319>
28. Liu, H., Dai, Z., So, D. R., Le, Q. V. (2021). Pay Attention to MLPs. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.08050>
29. Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z. et al. (2021). Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows. 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). <https://doi.org/10.1109/iccv48922.2021.00986>
30. Brownlee, J. (2021). Weight Initialization for Deep Learning Neural Networks. Available at: <https://machinelearningmastery.com/weight-initialization-for-deep-learning-neural-networks/>
31. Code examples. Computer vision. Keras. Available at: <https://keras.io/examples/vision/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313490
DESIGN OF AN INTELLIGENT DATA ANALYSIS PLATFORM FOR PHARMACEUTICAL FORECASTS
(p. 14–27)

Zoia Sokolovska

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5595-7692>

Iryna Ivchenko

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-0342>

Oleg Ivchenko

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9540-1637>

This study considers the task to design a data analysis platform with predictive capabilities of neural networks. The object of research is intelligent decision-making systems built on deep learning methods. The proposed intelligent platform takes into account the specificity of working with data in the dynamic and uncertain environment of the pharmaceutical market. Its main purpose is the processing of various data formats, such as time series, regression, classification data sets to create forecasts based on various indicators. At the core of the platform architecture, along with technologies for backend and frontend development (HTML, JS, CSS, C#, .NET), MSSQL Server and TSQL for database management, are AI Microservices (Python, Flask); they are responsible for artificial intelligence services, in particular neural networks.

In order to identify the optimal model, which is able to effectively solve regression problems based on the selected indicators, the study analyzed several configurations of neural networks on End-to-end machine learning platforms. Distinctive features of the architecture of the designed data analysis platform include its ability to dynamically switch between different machine learning models based on predefined indicators and criteria such as prediction accuracy and model selection.

Improved interpretation of forecasts through the use of Explainable AI enables effective decision-making in the pharmaceutical industry. The functioning of the proposed instrumental decision-making base is demonstrated on the examples of forecasting trends in the consumption of pharmaceuticals by different groups in the pharmaceutical markets of different countries. Automating the model selection and prediction loss minimization process in a comprehensive data analysis platform (CDAP) improves forecast accuracy by approximately 15 % compared to traditional manually selected models.

Keywords: deep learning, artificial neural networks, pharmaceutical market, data analysis, predictive tasks.

References

1. PROXIMARESEARCH. Available at: <https://proximaresearch.com/ua/en/>
2. Rathipriya, R., Abdul Rahman, A. A., Dharmodharavadhani, S., Mee-ro, A., Yoganandan, G. (2022). Demand forecasting model for time-series pharmaceutical data using shallow and deep neural network model. *Neural Computing and Applications*, 35 (2), 1945–1957. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07889-9>
3. Ikegwu, A. C., Nweke, H. F., Anikwe, C. V., Alo, U. R., Okonkwo, O. R. (2022). Big data analytics for data-driven industry: a review of data sources, tools, challenges, solutions, and research directions. *Cluster Computing*, 25 (5), 3343–3387. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03568-5>
4. Taherdoost, H. (2023). Deep Learning and Neural Networks: Decision-Making Implications. *Symmetry*, 15 (9), 1723. <https://doi.org/10.3390/sym15091723>
5. Lundberg, S. M., Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in neural information processing systems*. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874>
6. Jemmali, M., Alharbi, M., Melhim, L. K. B. (2018). Intelligent Decision-Making Algorithm for Supplier Evaluation Based on Multi-criteria Preferences. 2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), 184, 1–5. <https://doi.org/10.1109/cais.2018.8441992>

7. Sarker, I. H. (2021). Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2 (6). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>
8. Sarker, I. H. (2022). AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems. *SN Computer Science*, 3 (2). <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>
9. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O. et al. (2012). Scikit-learn: machine learning in python. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1201.0490>
10. Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2 (3). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
11. Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O. et al. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
12. Janiesch, C., Zschech, P., Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31 (3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
13. Roberts, D. A., Yaida, S., Hanin, B. (2022). *The Principles of Deep Learning Theory*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009023405>
14. Candan, G., Taşkin, M. F., Yazgan, H. R. (2014). Demand Forecasting in Pharmaceutical Industry Using Artificial Intelligence: Neuro-Fuzzy Approach. *Journal of Military and Information Science*, 2 (2), 41–49. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=443a425bee280e0a0795f0193a5b82e1aa5c04be>
15. Mousa, B. A., Al-Khateeb, B. (2023). Predicting medicine demand using deep learning techniques: A review. *Journal of Intelligent Systems*, 32 (1). <https://doi.org/10.1515/jisys-2022-0297>
16. Kumari, A., Bohra, N. (2021). Prediction of Drug Sales by Using Neural Network Algorithm. *Proceedings of the 2nd International Conference on ICT for Digital, Smart, and Sustainable Development, ICIDSSD 2020, 27-28 February 2020, Jamia Hamdard, New Delhi, India*. <https://doi.org/10.4108/eai.27-2-2020.2303124>
17. Apteka.ua. Available at: <https://www.apteka.ua/>
18. E-commerce. Available at: <https://e-commerce.com.ua/>
19. FARMAK. Available at: <https://farmak.ua/regularna-informacia/>
20. DARNITSA. Available at: <https://darnytisia.ua/reports>
21. Machine Learning Playground. Available at: <https://ml-playground.com/>
22. An end-to-end platform for machine learning. TensorFlow. Available at: <https://www.tensorflow.org/>
23. Karra, J. (2020). Deep learning using Keras.Net with C#. Available at: <https://jagathprasad0.medium.com/deep-learning-using-keras-net-with-c-1d1fceac4531>
24. Brownlee, J. (2017). Deep Learning With Python. Available at: <https://machinelearningmastery.com/deep-learning-with-python/>
25. Sarker, I. H. (2021). Data Science and Analytics: An Overview from Data-Driven Smart Computing, Decision-Making and Applications Perspective. *SN Computer Science*, 2 (5). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00765-8>
26. Khalil Zadeh, N., Sepehri, M. M., Farvaresh, H. (2014). Intelligent Sales Prediction for Pharmaceutical Distribution Companies: A Data Mining Based Approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2014/420310>
27. Davenport, T. H., Harris, J. G. (2007). The dark side of customer analytics. *Harvard Business Review*, 85 (5). Available at: https://www.researchgate.net/publication/228386781_The_dark_side_of_customer_analytics
28. Landset, S., Khoshgoftaar, T. M., Richter, A. N., Hasanin, T. (2015). A survey of open source tools for machine learning with big data in the Hadoop ecosystem. *Journal of Big Data*, 2 (1). <https://doi.org/10.1186/s40537-015-0032-1>
29. Geron, A. (2019). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. O'Reilly Media, 856.
30. Xin, Y., Kong, L., Liu, Z., Chen, Y., Li, Y., Zhu, H. et al. (2018). Machine Learning and Deep Learning Methods for Cybersecurity. *IEEE Access*, 6, 35365–35381. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2836950>
31. Sarker, I. H., Kayes, A. S. M., Badsha, S., Alqahtani, H., Watters, P., Ng, A. (2020). Cybersecurity data science: an overview from machine learning perspective. *Journal of Big Data*, 7 (1). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00318-5>
32. Pharmaceutical market (2024). OECD. <https://doi.org/10.1787/data-00545-en>
33. National Health Service of Ukraine. Available at: <https://edata.e-health.gov.ua/e-data/open-data>
34. Information on written electronic prescriptions under the drug reimbursement program (“Available drugs”). Available at: <https://data.gov.ua/dataset/9980a894-67c5-4da6-a0fc-1bab6c764cbf>
35. Medical procurement of Ukraine. Available at: <https://mpu.gov.ua/uk>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313161

DEVISING A METHOD FOR DETECTING AN AERIAL OBJECT BY RADAR WITH AN ADDITIONAL CHANNEL OF PASSIVE RECEPTION (p. 28–35)

Hennadii Khudov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3311-2848>

Ivan Trofymov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7080-909X>

Iurii Repilo

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1393-2371>

Oleksandr Makoveichuk

Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4425-016X>

Viktor Tkachenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0683-145X>

Denys Kotov

Odessa Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6775-5593>

Valya Gridina

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6544-6167>

Maksym Herda

Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6569-9284>

Vitalii Kryvosheiev

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-5549>

Mikola Shvets

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9297-8963>

The object of this paper is the process of detecting an aerial object by a radar with active and passive reception channels. The main hypothesis of the study assumed that the introduction of an additional channel of passive reception would increase the conditional probability of correct detection at a fixed value of the conditional probability of false alarms.

When detecting an aerial object, it was considered that the signals from aerial object represent a reflected signal after being emitted by the active radar channel emitted own radio signals. A radar with active and passive reception channels assumes the presence of two channels. The active location channel provides reception of signals reflected from an aerial object, their processing and detection according to the Neumann-Pearson criterion. The passive location channel functions according to the principle of panoramic spectral analysis based on windowed Fourier transforms. The information combining device is intended for the compatible combining of information from active and passive channels of radar reception. At the output of the passive location channel, an output signal is formed, and the coordinates of the aerial object are measured. To ensure the functioning of the radar with active and passive reception channels, it is necessary to ensure the time synchronization of the reception channels.

The quality of detection of aerial objects by radar with active and passive signal reception channels was evaluated. The quality indicator defines the conditional probability of correct detection. The dependences of the conditional probability of correct detection are given for a radar with only an active reception channel and a radar with active and passive reception channels. It was established that the introduction of an additional channel of passive reception to the radar increases the conditional probability of correct detection by an average of (20–40) %, depending on the signal-to-noise ratio.

Keywords: active radar, passive channel, conditional probability of correct detection, aerial object.

References

- Gupta, A. K., Jain, T. K., Kothari, A. G., Chakravarthy, M. (2023). Wideband Antennas of Passive Seekers for Anti Radiation Missiles. *Defence Science Journal*, 74 (1), 143–157. <https://doi.org/10.14429/dsj.74.18883>
- Barabash, O., Kyriyanov, A. (2023). Development of control laws of unmanned aerial vehicles for performing group flight at the straight-line horizontal flight stage. *Advanced Information Systems*, 7 (4), 13–20. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.02>
- Brisken, S., Moscadelli, M., Seidel, V., Schwark, C. (2017). Passive radar imaging using DVB-S2. 2017 IEEE Radar Conference (Radar-Conf), 552–556. <https://doi.org/10.1109/radar.2017.7944264>
- Martelli, T., Colone, F., Cardinali, R. (2020). DVB-T based passive radar for simultaneous counter-drone operations and civil air traffic surveillance. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 14 (4), 505–515. <https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2019.0309>
- Zhang, C., Shi, S., Gong, J., Li, R. (2024). A Coherent TBD Algorithm for Remote Sensing of Weak Targets Using GNSS Reflected Signals. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 11485–11502. <https://doi.org/10.1109/jstars.2024.3411876>
- Martelli, T., Cardinali, R., Colone, F. (2018). Detection performance assessment of the FM-based AULOS® Passive Radar for air surveillance applications. 2018 19th International Radar Symposium (IRS), 1–10. <https://doi.org/10.23919/irs.2018.8448025>
- Luo, D., Wen, G. (2024). Distributed Phased Multiple-Input Multiple-Output Radars for Early Warning: Observation Area Generation. *Remote Sensing*, 16 (16), 3052–3082. <https://doi.org/10.3390/rs16163052>
- Sadeghi, M., Behnia, F., Amiri, R., Farina, A. (2021). Target Localization Geometry Gain in Distributed MIMO Radar. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 1642–1652. <https://doi.org/10.1109/tsp.2021.3062197>
- Luo, D., Wen, G., Liang, Y., Zhu, L., Song, H. (2023). Beam Scheduling for Early Warning With Distributed MIMO Radars. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 59, 6044–6058. <https://doi.org/10.1109/taes.2023.3272302>
- Liang, Y., Wen, G., Zhu, L., Luo, D., Song, H. (2023). Detection Power of a Distributed MIMO Radar System. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 59 (4), 3463–3479. <https://doi.org/10.1109/taes.2022.3226135>
- Kalkan, Y. (2024). 20 Years of MIMO Radar. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 39 (3), 28–35. <https://doi.org/10.1109/maes.2023.3349228>
- Tan, R., Liao, M., Bu, Y., Yu, X., Cui, G. (2023). Cooperative Waveforms Design for Distributed Radars in Multiple Blanket Jamming. 2023 IEEE Radar Conference (RadarConf23), 11, 1–6. <https://doi.org/10.1109/radarconf2351548.2023.10149745>
- Bliss, D. W. (2014). Cooperative radar and communications signaling: The estimation and information theory odd couple. 2014 IEEE Radar Conference. <https://doi.org/10.1109/radar.2014.6875553>
- Chiriyath, A. R., Ragi, S., Mittelmann, H. D., Bliss, D. W. (2019). Novel Radar Waveform Optimization for a Cooperative Radar-Communications System. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 55 (3), 1160–1173. <https://doi.org/10.1109/taes.2019.2908739>
- Wu, Y., Jiang, M., Liu, G., Pei, X. (2022). Signal-level cooperative target location based on distributed networked radar. Seventh Asia Pacific Conference on Optics Manufacture (APCOM 2021), 1, 51. <https://doi.org/10.1117/12.2607907>
- Shevchenko, A., Tyutyunnik, V., Trofimov, I., Ivanec, M., Filippenkov, A. (2015). Method for forming space-time waveforms with rectangular envelope using multifrequency array. 2015 International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT), 672, 1–3. <https://doi.org/10.1109/icatt.2015.7136819>
- Trofimov, I. N., Dudush, A. S., Shevchenko, A. F. (2015). Multi-frequency signal forming for mimo radars with fast electronic scanning. *Telecommunications and Radio Engineering*, 74 (5), 409–422. <https://doi.org/10.1615/telecomradeng.v74.i5.40>
- Khudov, H., Berezhnyi, A., Yarosh, S., Oleksenko, O., Khomik, M., Yuzova, I. et al. (2023). Improving a method for detecting and measuring coordinates of a stealth aerial vehicle by a network of two small-sized radars. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (126)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293276>
- Khudov, H., Yarosh, S., Kostyria, O., Oleksenko, O., Khomik, M., Zvonko, A. et al. (2024). Improving a method for non-coherent processing of signals by a network of two small-sized radars for detecting a stealth unmanned aerial vehicle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (127)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298598>
- Khudov, H., Kostianets, O., Kovalenko, O., Maslenko, O., Solomonenko, Y. (2023). Using Software-Defined radio receivers for determining the coordinates of low-visible aerial objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (124)), 61–73. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286466>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312762
DEVISING AN ANALYTICAL METHOD FOR ESTIMATING AIRCRAFT POSITIONING ACCURACY BY AN INFOCOMMUNICATION NETWORK OF OPTOELECTRONIC STATIONS (p. 36–48)

Andriy Tevyashev

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5261-9874>

Oleg Zemlyaniy

O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0271-722X>

Igor Shostko

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-3080>

Dmytro Kostaryev

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7528-031X>

Anton Paramonov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2124-064X>

The object of this study is the monitoring processes of airspace in the visible and infrared frequency ranges using an infocommunication network of optoelectronic tracking stations.

The problem addressed is the assessment of accuracy in positioning aerial vehicles in airspace, considering random and systematic errors in video surveillance.

The proposed method allows for the analytical evaluation of variance in the coordinates of aerial vehicles in airspace at any given moment, depending on the variance in errors from all components of the video surveillance process.

The following results are reported:

- mathematical models for both open and covert video surveillance by the infocommunication network of optoelectronic stations based on the trajectories of aerial vehicles, which enable the estimation of their coordinates for each moment of video surveillance;
- analytical relationships between the variance of geolocation of aerial vehicles and the variance of errors in all components of the video surveillance process.

A key feature of the method is its practical independence on the type and size of aerial vehicles. The method requires the availability of metrological characteristics of the optoelectronic station instruments and synchronized measurements of azimuth, elevation angle (for covert), and slant range (for open video surveillance).

The numerical values of the root mean square deviations of the positioning errors of aerial vehicles under various video surveillance conditions range from 0.1 to 0.35 meters, confirming the effectiveness of using the infocommunication network of optoelectronic stations as an instrumental tool for high-precision trajectory measurements.

Keywords: optoelectronic station, infocommunication network, airspace monitoring, aerial vehicles.

References

1. Dodonov, A. G., Putyatin, V. G., Valetchik, V. A. (2004). Obrabotka opticheskikh izmereniy traektorii letatel'nykh obektov. Reiestratsiya, zberihannia i obrobka danykh, 6 (1), 38–52. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/50702>
2. Putyatin, V. G., Dodonov, V. A. (2017). Ob odnoy zadache vysokotochnykh traektornykh izmereniy opticheskimi sredstvami. Reiestratsiya, zberihannia i obrobka danykh, 19 (2), 36–54. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131676?show=full>
3. Dodonov, A. G., Putyatin, V. G., Valetchik, V. A. (2006). Postroenie informatsionno-analiticheskoy sistemy nauchno-issledovatel'skogo ispytatel'nogo poligona. Upravlyayushchie sistemy i mashiny, 4, 3–14.
4. Shostko, I., Tevyashev, A., Kulia, Y., Koliadin, A. (2020). Optical-electronic system of automatic detection and high-precision tracking of aerial objects in real-time. Computer Modeling and Intelligent Systems, 2608, 784–803. <https://doi.org/10.32782/cmis/2608-59>
5. Tevyashev, A., Shostko, I., Neofitnyi, M., Koliadin, A. (2019). Laser Opto-Electronic Airspace Monitoring System in the Visible and Infrared Ranges. 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 20, 170–173. <https://doi.org/10.1109/apuavd47061.2019.8943887>
6. Tevyashev, A. D., Shostko, I. S., Neofitnyi, M. V., Kolomiyets, S. V., Kyrychenko, I. Yu., Prymachov, Yu. D. (2019). Mathematical model and method of optimal placement of optical-electronic systems for trajectory measurements of air objects at test. Odessa Astronomical Publications, 32, 171–175. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2019.32.182231>
7. Shostko, I., Tevyashev, A., Neofitnyi, M., Kulia, Y. (2020). Information-Measuring System of Polygon Based on Wireless Sensor Infocommunication Network. Data-Centric Business and Applications, 649–674. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43070-2_28
8. Shostko, I., Tevyashev, A., Neofitnyi, M., Ageyev, D., Gulak, S. (2018). Information and Measurement System Based on Wireless Sensory Infocommunication Network for Polygon Testing of Guided and Unguided Rockets and Missiles. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 705–710. <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632084>
9. Kondrat, V., Kostenko, O., Kornienko, O. (2018). The analysis optical-electronic means of investigation and the direction of their perfection for the purpose of increase of efficiency of fighting application armament and military equipment. Zbirnyk Naukovykh Prats Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu Povitrianykh Syl, 2 (56), 66–71. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.56.08>
10. Lepikh, Ya. I., Santoniy, V. I., Budiynska, L. M., Ivanchenko, I. O., Yanko, V. V. (2019). Optyko-elektronni systemy blyzhoi lokatsiyi. Odesa: Odes. nats. un-t im. I. I. Mechnykova, 294. Available at: <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/54803387-9f29-431d-b8a5-546ad9e189fc/content>
11. Optychni vymiriuvannia (2014). Kyiv: NTUU «KPI», 190. Available at: <https://oep.kpi.ua/downloads/disc/oi/oms.pdf>
12. Zhdanyuk, B. F. (1978). Osnovy statisticheskoy obrabotki traektornykh izmereniy. M.: Sovetskoe radio, 384. Available at: <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/72515>
13. Shapiro, L., Stockman, D. (2013). Computer vision. PRENTICE HALL, 752. Available at: https://github.com/MaximovaIrina/picture_processing/blob/master/Шандро%20Л.%20Компьютерное%20зрение.pdf
14. Richard, S. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 957. Available at: https://vim.ustc.edu.cn/_upload/article/files/d4/87/71e9467745a7b8e80e94007d1b/4cd69b21-85d3-43ba-9935-fd9ae33da82b.pdf
15. Zabulonov, Yu. L., Burtnyak, V. M., Odukalets, L. A. (2020). System of Automated Operative Control of Radiation Situation of Fast Reaction on the Literal Apparatus Base. Science and Innovation, 16 (3), 39–46. <https://doi.org/10.15407/scin16.03.039>

Volodymyr Shulha

State University of Information and Communication Technologies,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4356-7288>

Ivan Grod

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0678-1456>

Serhii Faraon

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5500-7352>

Ihor Ivanchenko

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3415-9039>

Igor Pasko

Scientific-Research Center of Missile Troops and Artillery,
Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0207-1203>

Dmytro Balagura

Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9839-3317>

The object of the study is a corporate network with a dynamic structure and centralized management. The subject of the research is the processes of ensuring the protection of information resources in the corporate network. The goal is to develop a method of protecting information in the corporate network. The development is based on the Zero Trust Security strategy, according to which access to the network is allowed only after verification and identification of information. The task is to develop an effective method of protecting information resources and managing cyber security in the corporate network, taking into account the complex aspects of malicious influence. The following results were obtained. It is shown that the complex, diverse presentation of information in the network requires a comprehensive approach with the division of mixed content of information into segments according to the target orientation. Based on CISA's (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency) Zero Trust Maturity Model, a method of targeted traffic segmentation is proposed. It allows detailed analysis of the interaction between applications, users and corporate network infrastructure, which increases the level of complex threats detection by 15%. A method of protecting information resources of a socio-cyber-physical system is proposed, which, based on the principle of the Zero Trust Security strategy, improves the monitoring and management of cyber security of information resources by taking into account social aspects. This allows to detect and respond to threats in real time and adapt security policies according to the dynamics of user behavior and general security conditions. Integrating analytical methods and modern technologies into a security strategy creates a foundation for adaptive and resilient cyber defense.

Keywords: cybersecurity, protection of information resources, security policy; semiotic model, socio-cyber-physical system, confidentiality, integrity, authenticity, intelligent analysis, traffic control.

References

- NIST Special Publication 800-207. Zero Trust Architecture (2020). U.S. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-207 Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 800-207, 59. Available at: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-207>
- Jamine, A., Serkov, A., Lazurenko, B., Nait-Abdesselam, F. (2023). The Order of Formation of Information Signals in IIoT. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 23 (3), 139–143. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2023.23.3.14>
- Standard ISO/IEC 27032:2023 (2023). Cybersecurity. Guidelines for Internet security. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27032:ed-2:v:1:en>
- Grusho, A. A., Grusho, N. A., Zabezhalo, M. I., Timonina, E. E. (2016). Intelligent data analysis in information security. Automatic Control and Computer Sciences, 50 (8), 722–725. <https://doi.org/10.3103/s0146411616080307>
- Miloslavskaya, N. (2020). Stream Data Analytics for Network Attacks' Prediction. Procedia Computer Science, 169, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.114>
- Vasilyev, V., Vulfin, A., Kuchkarova, N. (2020). Automation of Software Vulnerabilities Analysis on the Basis of Text Mining Technology. Voprosy Kiberbezopasnosti, 4 (38), 22–31. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2020-04-22-31>
- Fatkieva, R. R., Levonevskiy, D. K. (2015). Application of Binary Trees for the IDS Events Aggregation Task. SPIIRAS Proceedings, 3 (40), 110–121. <https://doi.org/10.15622/sp.40.8>
- Gonzalez Granadillo, G., El-Barbori, M., Debar, H. (2016). New Types of Alert Correlation for Security Information and Event Management Systems. 2016 8th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS). Larnaca, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ntms.2016.7792462>
- Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Filippenko, I. (2020). Development of an architectural-logical model to automate the management of the process of creating complex cyber-physical industrial systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (3 (106)), 44–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210761>
- Embracing a Zero Trust Security Model (2021). NSA. Available at: https://media.defense.gov/2021/Feb/25/2002588479/-1/-1/0/CSI_EMBRACING_ZT_SECURITY_MODEL_UOO115131-21.PDF
- Evans, M., Maglaras, L. A., He, Y., Janicke, H. (2016). Human behaviour as an aspect of cybersecurity assurance. Security and Communication Networks, 9 (17), 4667–4679. <https://doi.org/10.1002/sec.1657>
- Security and privacy controls for federal information systems and organizations (2022). U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. NIST Special Publication 800-53, Rev 4. Available at: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-53r4>
- Dzheniuk, N., Yevsieiev, S., Lazurenko, B., Serkov, O., Kasilov, O. (2023). A method of protecting information in cyber-physical space. Advanced Information Systems, 7 (4), 80–85. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.11>
- Chen, Y., Zhang, Y., Wang, Z., Wei, T. (2017). Downgrade Attack on TrustZone. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.05082>
- Pohasii, S., Milevskiy, S., Tomashevskiy, B., Voropay, N. (2022). Development of the double-contour protection concept in socio-cyberphysical systems. Advanced Information Systems, 6 (2), 57–66. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.2.10>
- Zhang, M., Wang, L., Jajodia, S., Singhal, A. (2021). Network Attack Surface: Lifting the Concept of Attack Surface to the Network Level for Evaluating Networks' Resilience Against Zero-Day Attacks. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 18 (1), 310–324. <https://doi.org/10.1109/tdsc.2018.2889086>
- NIST AI 100-1 Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) (2023). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Zakharzhevskyy, A. G., Tolkachov, M. Yu., Dzhenyuk, N. V., Pogasii, S. S., Glukhov, S. I. (2024). The method of protecting informa-

tion resources based on the semiotic model of cyberspace. *Modern Information Security*, 57 (1), 57–68. <https://doi.org/10.31673/2409-7292.2024.010007>

19. Canadian Institute for Cybersecurity (CIC) project funded by Canadian Internet Registration Authority (CIRA). Available at: <https://www.unb.ca/cic/datasets/dohbrw-2020.html>
20. Susto, G. A., Cenedese, A., Terzi, M. (2018). Time-Series Classification Methods: Review and Applications to Power Systems Data. *Big Data Application in Power Systems*, 179–220. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811968-6.00009-7>
21. Vu, L., Pavuluri, V. N., Chang, Y., Turaga, D. S., Zhong, A., Agrawal, P. et al. (2018). A Large-Scale System for Real-Time Glucose Monitoring. 2018 48th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W), 3, 34–37. <https://doi.org/10.1109/dsn-w.2018.00020>
22. Yevseiev, S., Tolkachov, M., Shetty, D., Khvostenko, V., Strelnikova, A., Milevskiy, S., Golovashych, S. (2023). The concept of building security of the network with elements of the semiotic approach. *ScienceRise*, 1, 24–34. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2023.002828>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313471
DETERMINING OPTIMAL PARAMETERS OF
ALGEBRAIC FRACTALS IN ZERO-KNOWLEDGE
AUTHENTICATION PROTOCOLS (p. 79–87)

Denys Samoilenko

Odesa Technological University “STEP”, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3205-1174>

Most information systems, especially on the Internet, have a distributed architecture with remote access and an insecure communication channel. In such systems, the tasks of permanent authorization mean implementing time intervals of user work without re-authentication are especially actual. The problem is that repeatedly sending a password increases the likelihood of its corruption. One solution is to use zero-knowledge protocols. In these protocols, passwords are not transmitted over the channel but are included in the algorithms as parameters. However, the computational complexity, as well as the finite number of passwords, limit their use, ensuring the relevance of further research. Focusing on object of the exchange protocols security, the use of algebraic fractal sets has been proposed as a potentially infinite source of data for passwords. In this work, algorithms were developed, implemented, and tested, which proved the higher reliability of fractal protocols in comparison with the reference generator of random bits (with an error probability of 0.5). It was also noted that the calculation operations have an insignificant influence on the overall time complexity of the exchange protocol as a whole. Practical recommendations for the use of fractals with a Hausdorff dimensionally of about 1.6 on the boundary of the Man-

delbrot set are given. The paper also highlights the advantages of including color information in fractal sets, which gives about 3 times improving of confidential security indicators of communication protocol. The proposed algorithms do not require specialized software and can be implemented in the majority of network information systems as an additional module.

Keywords: information security, network technologies, confidence, authentication, zero knowledge protocol, fractal.

References

1. Nail, B., Atoussi, M. A., Saadi, S., Tibermacine, I. E., Napoli, C. (2024). Real-Time Synchronisation of Multiple Fractional-Order Chaotic Systems: An Application Study in Secure Communication. *Fractal and Fractional*, 8 (2), 104. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8020104>
2. Adeyemi, V.-A., Tlelo-Cuautle, E., Sandoval-Ibarra, Y., Nuñez-Perez, J.-C. (2023). FPGA Implementation of Parameter-Switching Scheme to Stabilize Chaos in Fractional Spherical Systems and Usage in Secure Image Transmission. *Fractal and Fractional*, 7 (6), 440. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7060440>
3. Jansen, B. H. (2000). Nonlinear methods for evoked potential analysis and modeling. *Chaos in Brain?*, 173–193. https://doi.org/10.1142/9789812793782_0014
4. Bildirici, M. E., Ersin, Ö. Ö., Uçan, Y. (2024). Bitcoin, Fintech, Energy Consumption, and Environmental Pollution Nexus: Chaotic Dynamics with Threshold Effects in Tail Dependence, Contagion, and Causality. *Fractal and Fractional*, 8 (9), 540. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8090540>
5. Sulaiman, A. H., Baji, F. S. (2009). Fractal Based Fragile Watermark. 2009 Second International Conference on Computer and Electrical Engineering, 1, 139–143. <https://doi.org/10.1109/iccee.2009.35>
6. Lock, A. J. J., Loh, C. H., Juhari, S. H., Samsudin, A. (2010). Compression-Encryption Based on Fractal Geometric. 2010 Second International Conference on Computer Research and Development, 3, 213–217. <https://doi.org/10.1109/iccrd.2010.40>
7. Samoilenko, D. N. (2014). Authentication scheme on fractal sets. *Ukrainian Information Security Research Journal*, 16 (1). <https://doi.org/10.18372/2410-7840.16.5396>
8. Schneier, B. (1996). *Applied Cryptography. Protocols, Algorithms, and Source Code in C*. John Wiley & Sons, 784. Available at: <https://www.schneier.com/books/applied-cryptography/>
9. Giani, A. (2001). Identification with Zero Knowledge Protocols. SANS Institute. Available at: <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/vpns/identification-zero-knowledge-protocols-719>
10. Gerardo, I. (2002). *A Primer on Zero Knowledge Protocols*. Universidad Nacional del Sur. Available at: <http://cs.uns.edu.ar/~gis/publications/zkp-simari2002.pdf>
11. Feder, J. (1988). *Fractals*. Springer New York, 284. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2124-6>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311778****РОЗРОБКА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ІЗ ШАРОМ НАВЧАЄМИХ ФУНКЦІЙ АКТИВАЦІЇ ДЛЯ ДРУГОГО СТУПЕНЯ АНСАМБЛЕВОГО КЛАСИФІКАТОРА ІЗ СТЕКІНГОМ (с. 6–13)****О. М. Галчонков, О. М. Баранов, С. Г. Антошук, О. В. Маслов, М. І. Бабич**

Одним із перспективних напрямів щодо підвищення якості розпізнавання об'єктів на зображеннях та розпаралелювання обчислень є використання ансамблевих класифікаторів зі стекінгом. Нейронна мережа на другому ступені дозволяє досягти результуючої якості класифікації, істотно більшої, ніж кожна з мереж першого ступеня окремо. Якість класифікації всього ансамблевого класифікатора зі стекінгом залежить від ефективності нейронних мереж на першому ступені, їх кількості та якості класифікації нейронної мережі другого ступеня. У статті запропоновано архітектуру нейронної мережі для другого ступеня ансамблевого класифікатора, що поєднує в собі апроксимуючі властивості традиційних нейронів і функцій активації, що навчаються. Для реалізації функцій активації, що навчаються, були обрані гауссівські радіальні базисні функції (RBF), які підсумовуються з вагами, що навчаються. Проведені експериментальні дослідження показали, що при роботі з набором даних CIFAR-10 найкращі результати виходять при використанні шести RBF. Порівняння з використанням на другому ступені багатошарового перцептрон (MLP) показало зменшення помилок класифікації на 0,45–1,9 % залежно від кількості нейронних мереж на першому ступені. При цьому запропонована архітектура нейронної мережі для другого ступеня мала в 1,69–3,7 разів менше коефіцієнтів, що навчаються, ніж MLP. Цей результат пояснюється тим, що використання вихідного шару зі звичайними нейронами дозволило не вводити в архітектуру багато функцій активації, що навчаються, для кожного вихідного сигналу першого ступеня, а обмежитися тільки однією. Оскільки результати були отримані на універсальному наборі даних CIFAR-10, аналогічний ефект можна отримати на великій кількості аналогічних практичних наборів даних.

Ключові слова: багатошаровий перцептрон, нейронна мережа, ансамблевий класифікатор, вагові коефіцієнти, класифікація об'єктів на зображеннях.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313490**РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРОГНОЗІВ (с. 14–27)****З. М. Соколовська, І. Ю. Івченко, О. І. Івченко**

Вирішується проблема розробки платформи аналізу даних з прогностичними можливостями нейронних мереж. Об'єктом дослідження є інтелектуальні системи прийняття рішень, побудовані на методах глибокого навчання. Запропонована інтелектуальна платформа враховує специфіку роботи з даними динамічного та невизначеного середовища фармацевтичного ринку. Її основне призначення – обробка різноманітних форматів даних, таких як таймсерії, регресія, класифікаційні набори даних для створення прогнозів за різними індикаторами. В основі архітектури платформи, поряд з технологіями для розробки бекенду та фронтенду (HTML, JS, CSS, C#, .NET), MSSQL Server і TSQL для управління базами даних, лежать AI Microservice (Python, Flask), вони відповідають за сервіси штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж.

Для ідентифікації оптимальної моделі, яка здатна ефективно розв'язувати задачі регресії на базі обраних індикаторів, в дослідженні були проаналізовані декілька конфігурацій нейронних мереж на End-to-end machine learning platforms. Відмінні риси архітектури розробленої платформи аналізу даних включають її здатність динамічно перемикатися між різними моделями машинного навчання на основі попередньо визначених індикаторів та критеріїв, таких як точність прогнозування та вибір моделі.

Покращена інтерпретація прогнозів за рахунок використання Explainable AI надає можливість ефективного прийняття рішень у фармацевтичній галузі. Функціонування запропонованої інструментальної бази прийняття рішень продемонстровано на прикладах здійснення прогнозів тенденцій споживання фармацевтичних препаратів різних груп на фармацевтичних ринках різних країн. Автоматизація процесу вибору моделі та мінімізації втрат прогнозування на комплексній платформі аналізу даних (CDAP) покращує точність прогнозування приблизно на 15 % порівняно з традиційними моделями, вибраними вручну.

Ключові слова: глибоке навчання, штучні нейронні мережі, фармацевтичний ринок, аналіз даних, прогностичні задачі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313161**РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ОБ'ЄКТУ РАДАРІВ З ДОДАТКОВИМ КАНАЛОМ ПАСИВНОГО ПРИЙОМУ (с. 28–35)****Г. В. Худов, І. М. Трофимов, Ю. Є. Рєпіло, О. М. Маковейчук, В. І. Ткаченко, Д. О. Котов, В. В. Грідіна, М. І. Герда, В. В. Кривошеєв, М. М. Швець**

Об'єктом дослідження є процес виявлення повітряного об'єкту радаром з активним і пасивним каналами прийому. Основна гіпотеза дослідження полягала в тому, що введення додаткового каналу пасивного прийому дозволить підвищити умовну ймовірність правильного виявлення при фіксованому значенні умовної ймовірності хибної тривоги.

При виявленні повітряного об'єкта вважалося, що сигнали від повітряного об'єкту представляють: відбитий сигнал після випромінювання активним каналом радару, випромінені власні радіосигнали. Радар з активним і пасивним каналами прийому передбачає наявність двох каналів. Канал активної локації забезпечує приймання сигналів, відбитих від повітряного об'єкту, їх обробку та виявлення за критерієм Неймана-Пірсона. Канал пасивної локації функціонує за принципом панорамного спектрального аналізу на основі віконних перетворень Фур'є. Пристрій об'єднання інформації призначений для сумісного об'єднання інформації з активного та пасивного каналів прийому радару. На виході каналу пасивної локації формується вихідний сигнал та проводиться вимірювання координат повітряного об'єкту. Для забезпечення функціонування радару з активним і пасивним каналами прийому необхідно забезпечити часову синхронізацію каналів прийому.

Проведено оцінку якості виявлення повітряних об'єктів радаром з активним і пасивними каналами прийому сигналів. Показником якості визначено умовна ймовірність правильного виявлення. Наведені залежності умовної ймовірності правильного виявлення для радару тільки з активним каналом прийому та радару з активним та пасивним каналами прийому. Встановлено, що введення до радару додаткового каналу пасивного прийому підвищує умовну ймовірність правильного виявлення в середньому на (20–40) % в залежності від відношення сигнал/шум.

Ключові слова: активний радар, пасивний канал, умовна ймовірність правильного виявлення, повітряний об'єкт.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312762

РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЮ МЕРЕЖЕЮ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СТАНЦІЙ (с. 36–48)

А. Д. Тевяшев, О. В. Земляний, І. С. Шостко, Д. Б. Костарев, А. І. Парамонов

Об'єктом дослідження є процеси моніторингу повітряного простору в видимому та інфрачервоному діапазонах частот інфокомунікаційною мережею оптико-електронних станцій траєкторних вимірювань.

Проблема, яка вирішується, – оцінювання точності позиціонування літальних апаратів у повітряному просторі в залежності від випадкових та систематичних похибок відеоспостереження.

Запропонований метод дає можливість аналітично оцінювати дисперсії координат місця розташування літальних апаратів в повітряному просторі на кожен момент часу в залежності від дисперсій похибок усіх складових процесів відеоспостереження.

Отримані результати:

– математичні моделі відкритого та прихованого відеоспостереження інфокомунікаційною мережею оптикоелектронних станцій за траєкторіями руху літальних апаратів, які дозволяють отримати оцінки математичних очікувань координат їх розташування для кожного моменту часу відеоспостереження;

– аналітичні залежності дисперсій геопозиціонування літальних апаратів від дисперсій похибок усіх складових процесів відеоспостереження.

Особливість методу – його практична незалежність від типу та розмірів літальних апаратів. Обов'язковими умовами застосування методу є наявність метрологічних характеристик інструментальних засобів оптико-електронних станцій, а також отримання результатів синхронізованих вимірювань азимуту, кута місця (для прихованого) та похилої дальності (для відкритого відеоспостереження).

Чисельні значення оцінок середньоквадратичних відхилень помилок координат розташування літальних апаратів для різних умов відеоспостереження знаходяться в діапазоні від 0.1 до 0.35 м, що підтверджує ефективність використання інфокомунікаційної мережі оптико-електронних станцій як інструментального засобу для проведення високоточних траєкторних вимірювань.

Ключові слова: оптико-електронна станція, інфокомунікаційна мережа, моніторинг повітряного простору, літальні апарати.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310852

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ QOS НА ІНТЕГРАЦІЮ 4G LTE ТА 5G FWA З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ДІАПАЗОНУ 2300–2400 МГЦ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ІНТЕРНЕТУ, АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТРАДИЦІЙНОМУ ВОЛОКНУ (с. 49–62)

I Ketut Gunarta, Nurdianto

Незважаючи на те, що технологія 5G розробляється протягом тривалого часу, значні проблеми щодо її ефективного впровадження все ще потребують вирішення. Ключова проблема полягає у використанні частоти та забезпеченні співіснування з попередніми технологіями, які продовжують обслуговувати існуючих користувачів, оскільки пізніше впровадження нових технологій у багатьох країнах не завжди відбувається гладко. Це дослідження спрямоване на оцінку 5G фіксованого бездротового доступу (FWA) з використанням спектру від 2300 до 2400 МГц, який зазвичай використовується в попередній технології 4G LTE, позиціонується як життєздатна альтернатива традиційним волоконно-оптичним мережам, і його вплив на оцінку технології у використанні спектру для вирішення високошвидкісного альтернативного традиційного волокна в сільській та міській місцевості. Дослідження зосереджено на якості обслуговування (QoS), пов'язаному з користувацьким досвідом роботи зі стандартним параметром послуги бездротового доступу, одночасно аналізуючи зростання корисного навантаження та підвищення прибутку порівняно з технологіями LTE. Завдяки ретельним випробуванням отримані результати демонструють, що 5G FWA не тільки зберігає QoS, але й значно покращує його як аналіз здійсненності продуктивності мережі шляхом поєднання технологій 4G і 5G в одній зоні обслуговування. Випробування впровадження 5G FWA призвело до значного збільшення на 50 % пропускну здатності даних понад 20 Мбіт/с, що сприяло значному зрос-

тання корисного навантаження та доходу на 27 % у регіоні, де використовувалася лише 4G LTE до впровадження 5G FWA. Надаючи детальні показники продуктивності, випробування підкреслили потенціал 5G FWA для більш ефективного та економічного надання широкосмугових послуг, особливо в регіонах, де географічні чи економічні фактори стримують розширення волоконної оптики.

Ключові слова: широкосмуговий Інтернет, фіксований бездротовий доступ, фіксована мобільна конвергенція, FMC, сільсько-міський Інтернет, оптоволокну.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313158

РОЗРОБКА МЕТОДУ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ У КОРПОРАТИВНІЙ МЕРЕЖІ ШЛЯХОМ СЕГМЕНТАЦІЇ ТРАФІКУ (с. 63–78)

М. Ю. Толкачов, Н. В. Дженюк, С. П. Євсєєв, Ю. М. Лисецький, В. П. Шульга, І. М. Грод, С. І. Фараон, І. С. Іванченко, І. В. Пасько, Д. С. Балагура

Об'єктом дослідження є корпоративна мережа з динамічною структурою і централізованим керуванням. Предметом дослідження є процеси забезпечення захисту інформаційних ресурсів у корпоративній мережі. Мета – розробка методу захисту інформації у корпоративній мережі. В основу розробки покладено стратегію нульової довіри Zero Trust Security, згідно з якою доступ у мережі дозволяється тільки після верифікації та ідентифікації інформації. Задача – розробка ефективного методу захисту інформаційних ресурсів та керування кібербезпекою у корпоративній мережі з урахуванням комплексних аспектів шкідливого впливу. Отримано наступні результати. Показано, що складна, різноманітна подача інформації у мережі вимагає комплексного підходу із розділенням змішаного контенту інформації на сегменти згідно цільової спрямованості. На базі моделі зрілості CISA's (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency) Zero Trust Maturity Model запропоновано метод цільової сегментації трафіку. Він дозволяє детально аналізувати взаємодію між застосунками, користувачами та інфраструктурою корпоративної мережі, що підвищує рівень виявлення складних загроз на 15 %. Запропоновано метод захисту інформаційних ресурсів соціокіберфізичної системи, який на основі принципу стратегії нульової довіри Zero Trust Security покращує моніторинг та керування кібербезпекою інформаційних ресурсів шляхом урахування соціальних аспектів. Це дозволяє виявляти та реагувати на загрози в реальному часі і адаптувати політики безпеки відповідно до динаміки користувацької поведінки та загальних умов безпеки. Інтеграція аналітичних методів та сучасних технологій у стратегію безпеки створює основу для адаптивного та стійкого кіберзахисту.

Ключові слова: кібербезпека, захист інформаційних ресурсів, політики безпеки, семіотична модель, соціокіберфізична система, конфіденційність, цілісність, автентичність, інтелектуальний аналіз, керування трафіком.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313471

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АЛГЕБРАЇЧНИХ ФРАКТАЛІВ У ПРОТОКОЛАХ АВТЕНТИФІКАЦІЇ З НУЛЬОВИМ РОЗГОЛОШЕННЯМ (с. 79–87)

Д. М. Самойленко

Більшість інформаційних систем, особливо в Інтернеті, мають розподілену архітектуру з віддаленим доступом та незахищеним каналом зв'язку. У таких системах особливо актуальні задачі перманентної авторизації, що реалізують часові проміжки роботи користувача без повторної автентифікації. Проблеми полягають у тому, що періодичне надсилання паролю збільшує імовірність його дискредитації. Одним зі способів рішення є використання протоколів з нульовим розголошенням. В цих протоколах паролі не передаються каналом, а входять до алгоритмів як параметри. Проте, обчислювальна складність, а також скінченна кількість паролів, обмежують їх використання, забезпечуючи актуальність подальших досліджень. Концентруючись на об'єкті безпеки обмінних протоколів було запропоновано використання алгебраїчних фрактальних множин як потенційно нескінченного джерела даних для паролів. У роботі обґрунтовані, реалізовані та випробувані алгоритми, які засвідчили більш високу надійність фрактальних протоколів у порівнянні з еталонним генератором випадкових біт (з імовірністю помилки 0,5). Також відзначено незначний вплив розрахункових операцій на загальну часову складність обмінного протоколу в цілому. Наведено практичні рекомендації щодо використання фракталів з хаусдорфівовою розмірністю близько 1,6 на межі множини Мандельброта. Також у роботі показано переваги включення до фрактальних множин кольорової інформації, що дозволяє у 3 рази покращити такі показники безпеки як конфіденційність при обміні. Запропоновані алгоритми не вимагають спеціалізованого програмного забезпечення і можуть бути впроваджені у переважну більшість мережевих інформаційних систем у якості додаткового модуля.

Ключові слова: інформаційна безпека, мережеві технології, конфіденційність, автентифікація, протокол без розголошення, фрактал.