

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273363

A MODEL OF DECOY SYSTEM BASED ON DYNAMIC ATTRIBUTES FOR CYBERCRIME INVESTIGATION
(p. 6–20)

Sviatoslav Vasylyshyn

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1944-2979>

Vitalii Susukailo

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4431-9964>

Ivan Opirskyy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8461-8996>

Yevhenii Kuri

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3423-5655>

Ivan Tyshyk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1465-5342>

The object of research are decoys with dynamic attributes. This paper discusses the impact of decoys involving blockchain technologies on the state of information security of the organization and the process of researching cybercrime. This is important because most cybercrimes are detected after the attacker gains access to sensitive data. Through systematic analysis of the literature focused on assessing the capabilities of decoy and blockchain technologies, this work identifies the main advantages of decoys that utilize blockchain technology. To assess the effectiveness of attacker detection and cybercrime analysis, controlled experiments were conducted using a blockchain-based decoy system that we developed aimed at determining network performance.

As part of the study reported here, a technique is proposed to detect cybercrime using decoys based on blockchain technology. This technique is based on the fact that the attributes of the system change dynamically. Such a technique has made it possible to obtain a system model that solves the task of detecting decoys by intruders. In addition, the developed scheme reduces the load in contrast to the conventional fixed solution.

The results indicate that the response time of services is significantly reduced in the environment of decoys with dynamic attributes. For example, Nginx's response time in a static host is twice as high as dynamic, and an Apache dynamic server can still respond to an intruder's attack even if a static server fails. Therefore, the results reported in the article give grounds to assert the possibility of using the solution in the infrastructure of information systems at the public and private levels.

Keywords: decoys, cybercrime, security, analysis, deception, blockchain, Honeypot, Deception, network, cybersecurity.

References

- Anirudh, M., Thilleban, S. A., Nallathambi, D. J. (2017). Use of honeypots for mitigating DoS attacks targeted on IoT networks. 2017 International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP). doi: <https://doi.org/10.1109/icccsp.2017.7944057>
- Sardana, A., Joshi, R. (2009). An auto-responsive honeypot architecture for dynamic resource allocation and QoS adaptation in DDoS attacked networks. *Computer Communications*, 32 (12), 1384–1399. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2009.03.005>
- Kuwatly, L., Sraj, M., Al Masri, Z., Artail, H. (2004). A dynamic honeypot design for intrusion detection. The IEEE/ACS International Conference On Pervasive Services, 2004. ICPS 2004. Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1109/perser.2004.1356776>
- Artail, H., Safa, H., Sraj, M., Kuwatly, I., Al-Masri, Z. (2006). A hybrid honeypot framework for improving intrusion detection systems in protecting organizational networks. *Computers & Security*, 25 (4), 274–288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2006.02.009>
- Saeedi, A., Nassiri, M., Khotanlou, H. (2012). A dynamic approach for honeypot management. *International Journal of Information, Security and Systems Management*, 1 (2), 104–109.
- Fan, W., Fernández, D., Du, Z. (2015). Adaptive and Flexible Virtual Honeynet. *Mobile, Secure, and Programmable Networking*, 1–17. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25744-0_1
- Hecker, C., Hay, B. (2013). Automated Honeynet Deployment for Dynamic Network Environment. 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences. doi: <https://doi.org/10.1109/hicss.2013.110>
- Fraunholz, D., Zimmermann, M., Schotten, H. D. (2017). An adaptive honeypot configuration, deployment and maintenance strategy. 2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). doi: <https://doi.org/10.23919/icact.2017.7890056>
- Fan, W., Fernández, D., Du, Z. (2017). Versatile virtual honeynet management framework. *IET Information Security*, 11 (1), 38–45. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ifs.2015.0256>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55–81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Hepp, T., Wörtner, P., Schönhals, A., Gipp, B. (2018). Securing Physical Assets on the Blockchain. Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems. doi: <https://doi.org/10.1145/3211933.3211944>
- Cruz, J. P., Kaji, Y., Yanai, N. (2018). RBAC-SC: Role-Based Access Control Using Smart Contract. *IEEE Access*, 6, 12240–12251. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2812844>
- Swan, M. (2015). Blockchain Thinking: The Brain as a Decentralized Autonomous Corporation [Commentary]. *IEEE Technology and Society Magazine*, 34 (4), 41–52. doi: <https://doi.org/10.1109/mts.2015.2494358>
- Schütte, J., Fridgen, G., Prinz, W., Rose, T., Urbach, N., Horeen, T. et al. (2018). Blockchain and Smart Contracts. Technologies, Research Issues and Applications. Fraunhofer. Available at: https://www.iuk.fraunhofer.de/content/dam/iuk/en/docs/Fraunhofer-Paper_Blockchain-and-Smart-Contracts_EN.pdf
- Susukailo, V., Vasylyshyn, S., Opirskyy, I., Buriachok, V. (2021). Cybercrimes investigation via honeypots in cloud environments. *CEUR Workshop*, 2923, 91–96. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-2923/paper10.pdf>
- Opirskyy, I., Vasylyshyn, S., Piskozub, A. (2020). Analysis of the use of software baits (honeypots) as a means of ensuring information security. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*, 2 (10), 88–97. doi: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.10.8897>

17. Dudykevych, V., Prokopyshyn, I., Chekurin, V., Opirskyy, I., Lakh, Y., Kret, T. et al. (2019). A multicriterial analysis of the efficiency of conservative information security systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (99)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.166349>
18. Banafa, A. (2016). How to Secure the Internet of Things (IoT) with Blockchain. *Datafloq*. Available at: <https://datafloq.com/read/securing-internet-of-things-iot-with-blockchain/>
19. Pulling fraud out of the shadows. *Global Economic Crime and Fraud Survey 2018*. PwC. Available at: <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/docs/pwc-global-economic-crime-survey-report.pdf>
20. McLaughlin, M.-D., Gogan, J. (2018). Challenges and best practices in information security management. *MIS Quarterly Executive*, 17 (3), 237–262.
21. Joshi, R. C., Sardana, A. (2011). *Honeypots*. CRC Press, 340. doi: <https://doi.org/10.1201/b10738>
22. Zhuravchak, D. (2021). Ransomware spread prevention system using python, auditd and linux. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*, 4 (12), 108–116. doi: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.12.108116>
23. Gandotra, V., Singhal, A., Bedi, P. (2012). Threat-Oriented Security Framework: A Proactive Approach in Threat Management. *Procedia Technology*, 4, 487–494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.05.078>
24. Onaolapo, J., Mariconti, E., Stringhini, G. (2016). What Happens After You Are Pwnd. *Proceedings of the 2016 Internet Measurement Conference*. doi: <https://doi.org/10.1145/2987443.2987475>
25. Bamert, T., Decker, C., Elsen, L., Wattenhofer, R., Welten, S. (2013). Have a snack, pay with Bitcoins. *IEEE P2P 2013 Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1109/p2p.2013.6688717>
26. How blockchain can transform defence assets and give armed forces an advantage on the battlefield (2020). PwC. Available at: <https://www.pwc.com/gx/en/aerospace-defence/pdf/blockchain-defence.pdf>
27. Beecroft, N. (2015). *Emerging Risk Report – 2015*. Bitcoin. Lloyds. Available at: <https://assets.lloyds.com/assets/pdf-bitcoin-bitcoin-final/1/pdf-bitcoin-bitcoin-final.pdf>
28. Bentov, I., Lee, C., Mizrahi, A., Rosenfeld, M. (2014). Paper 2014/452. Proof of Activity: Extending Bitcoin's Proof of Work via Proof of Stake. *Cryptology ePrint Archive*. Available at: <https://eprint.iacr.org/2014/452>
29. BGP hijacking. *Wikipedia*. Available at: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=BGP_hijacking&oldid=820773357
30. Bissias, G., Ozisik, A. P., Levine, B. N., Liberatore, M. (2014). Sybil-Resistant Mixing for Bitcoin. *Proceedings of the 13th Workshop on Privacy in the Electronic Society*. doi: <https://doi.org/10.1145/2665943.2665955>
31. Bitcoin Block Reward Halving Countdown. Available at: <https://www.bitcoinblockhalf.com/>
32. Grafiki blokcheyna. Available at: <https://www.blockchain.com/explorer/charts>
33. Bitcoin Energy Consumption Index. Available at: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
34. Cryptocurrency statistics. Available at: <https://bitinfocharts.com/>
35. How much of BIP 62 («Dealing with malleability») has been implemented? Available at: <https://bitcoin.stackexchange.com/questions/35904/how-much-of-bip-62-dealing-with-malleability-has-been-implemented>
36. Blockchain and Distributed Ledger Technology (DLT). Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/blockchain-and-distributed-ledger-technology-dlt/>
37. Bonneau, J. Why buy when you can rent? Bribery attacks on Bitcoin-style consensus. Available at: https://jbonneau.com/doc/BFGKN14-bitcoin_bribery.pdf
38. Bos, J. W., Halderman, J. A., Heninger, N., Moore, J., Naehrig, M., Wustrow, E. (2013). Paper 2013/734. *Elliptic Curve Cryptography in Practice*. *Cryptology ePrint Archive*. Available at: <https://eprint.iacr.org/2013/734>
39. Boverman, A. (2011). Timejacking & Bitcoin. *Culubas*. Available at: http://culubas.blogspot.com/2011/05/timejacking-bitcoin_802.html
40. Bruce, J. D. (2014). The Mini-Blockchain Scheme. Available at: <https://www.weusecoins.com/assets/pdf/library/The%20Mini-Blockchain%20Scheme.pdf>
41. Buldas, A., Kroonmaa, A., Laanoja, R. (2013). Paper 2013/834. Keyless Signatures' Infrastructure: How to Build Global Distributed Hash-Trees. *Cryptology ePrint Archive*. Available at: <https://eprint.iacr.org/2013/834>
42. Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *White Paper*, 3 (37).
43. Blockchain's Once-Feared 51% Attack Is Now Becoming Regular. Available at: <https://www.coindesk.com/markets/2018/06/08/blockchains-once-feared-51-attack-is-now-becoming-regular/>
44. Castro, M., Liskov, B. (1999). Practical Byzantine Fault Tolerance. *Proceedings of the Third Symposium on Operating Systems Design and Implementation*. New Orleans. Available at: <https://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf>
45. Chen, T., Li, X., Luo, X., Zhang, X. (2017). Under-optimized smart contracts devour your money. *2017 IEEE 24th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)*. doi: <https://doi.org/10.1109/saner.2017.7884650>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274301

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT FOR DETERMINING THE LEVEL OF CRITICAL BUSINESS PROCESSES SECURITY (p. 21–40)

Serhii Yevseiev

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

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

Oleksandr Milov

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6135-2120>

Nataliia Zviertseva

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6279-7586>

Yurii Pribyliev

The National Defence University of Ukraine named after
Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1941-3561>

Oleksandr Lezik

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7186-6683>

Olena Komisarenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7436-6473>

Andrii Nalyvaiko

The National Defence University of Ukraine named after
Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0675-9603>

Volodymyr Pogorelov

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6100-1504>

Vitaliy Katsalap

The National Defence University of Ukraine named after
Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4804-8022>

Iryna Husarova

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1421-0864>

The development of technologies and computing resources not only expanded the spectrum of digital services in all areas of human activity, but also defined the spectrum of targeted cyber attacks. The object of the study is the process of ensuring the safety of critical business processes that ensure the continuity of production and/or functioning of the company/organization/enterprise as a whole. Targeted attacks are aimed at destroying not only the business structure, but also its individual components that determine critical business processes. Continuity of such business processes is a critical component of any company, organization or enterprise of any form of government, which critically affects the earning of profits or the organization of production processes. The proposed concept of determining the security level of critical business processes is based on the need to use multi-loop information protection systems. This allows to ensure the continuity of critical business processes through a timely objective assessment of the level of security and the timely formation of preventive measures. This approach is based on the proposed rules for determining the achievement of a given level of security, which are based on assessments of the integrity, availability and confidentiality of information arrays, as well as computer equipment in relation to various points of the organization's business processes. The use of threat integration on the internal and external contours of the protection system allows to ensure the necessary level of security and continuity of the production/technological process of critical business processes. The proposed practical implementation of the system security level assessment system in the declarative programming language Prolog, which allows to form requirements regarding the achievement of a given system security level depending on the state assessments of individual system components.

Keywords: security concept, critical business process, multi-loop protection systems.

References

- Fenz, S., Ekelhart, A. (2011). Verification, Validation, and Evaluation in Information Security Risk Management. *IEEE Security & Privacy Magazine*, 9 (2), 58–65. doi: <https://doi.org/10.1109/msp.2010.117>
- IEC 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/72140.html>
- Shaikh, F. A., Siponen, M. (2023). Information security risk assessments following cybersecurity breaches: The mediating role of top management attention to cybersecurity. *Computers & Security*, 124, 102974. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102974>
- Haag, S., Siponen, M., Liu, F. (2021). Protection Motivation Theory in Information Systems Security Research. *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, 52 (2), 25–67. doi: <https://doi.org/10.1145/3462766.3462770>
- Li, Y., Xin, T., Siponen, M. (2022). Citizens' Cybersecurity Behavior: Some Major Challenges. *IEEE Security & Privacy*, 20 (1), 54–61. doi: <https://doi.org/10.1109/msec.2021.3117371>
- Chen, S., Xiao, H., He, W., Mou, J., Siponen, M., Qiu, H., Xu, F. (2021). Determinants of Individual Knowledge Innovation Behavior. *Journal of Organizational and End User Computing*, 33 (6), 1–24. doi: <https://doi.org/10.4018/joec.20211101.0a27>
- ISO/IEC 15408-1:2009. Information technology – Security techniques – Evaluation criteria for IT security – Part 1: Introduction and general model. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/50341.html>
- ISO/IEC 15408-2:2008. Information technology – Security techniques – Evaluation criteria for IT security – Part 2: Security functional components. ISO. Available at: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46414
- ISO/IEC 15408-3:2008. Information technology – Security techniques – Evaluation criteria for IT security – Part 3: Security assurance components. ISO. Available at: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46413
- ISO/IEC 13335-1:2004. Information technology – Security techniques – Management of information and communications technology security – Part 1: Concepts and models for information and communications technology security management. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/39066.html>
- ISO/IEC 27005:2008. Information technology – Security techniques – Information security risk management. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/42107.html>
- ISO/IEC 18028-1:2006. Information technology – Security techniques – IT network security – Part 1: Network security management. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/40008.html>
- ISO/IEC 27001:2013. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/54534.html>
- ISO/IEC 27002:2013. Information technology – Security techniques – Code of practice for information security controls. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/54533.html>
- ISO/IEC 27003:2017. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Guidance. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/63417.html>
- ISO/IEC 27006:2015. Information technology – Security techniques – Requirements for bodies providing audit and certification of information security management systems. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/62313.html>
- ISO/IEC 27032:2012. Information technology – Security techniques – Guidelines for cybersecurity. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/44375.html>
- ISO/IEC 27035-1:2023. Information technology – Information security incident management – Part 1: Principles and process. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/78973.html>
- ISO/IEC 27035-2:2023. Information technology – Information security incident management – Part 2: Guidelines to plan and prepare for incident response. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/78974.html>
- ISO/IEC 27035-3:2020. Information technology – Information security incident management – Part 3: Guidelines for ICT incident response operations. ISO. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/74033.html>
- ISO/IEC 27000:2018. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Overview and vocabulary. ISO. Available at: <https://www.iso.org/standard/73906.html>
- Große, C. (2023). A review of the foundations of systems, infrastructure and governance. *Safety Science*, 160, 106060. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106060>
- Gorbenko, I. D., Potiy, A. V., Tereshchenko, P. I. (2000). Kriterii i metodologiya otsenki bezopasnosti informatsionnykh tekhnologiy. *Radiotekhnika*, 114, 25–38. Available at: <https://openarchive.nure.ua/items/409b6535-c863-4544-b651-801fc67b239a/full>
- The ISO/IEC Directives are published in two parts. Part 1: Procedures for the technical work. Part 2: Principles and rules for the structure and drafting of ISO and IEC documents. Available at: <https://www.iso.org/sites/directives/current/part1/index.xhtml>
- Scarfone, K., Jansen, W., Tracy, M. (2008). Guide to general server security. National Institute of Standards and Technology (NIST).

- Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-123.pdf>
26. Stoneburner, G., Goguen, A., Feringa, A. (2002). Risk management guide for information technology systems. National Institute of Standards and Technology (NIST). doi: <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-30>
 27. Khanmohammadi, K., Houmb, S. H. (2010). Business Process-Based Information Security Risk Assessment. 2010 Fourth International Conference on Network and System Security. doi: <https://doi.org/10.1109/nss.2010.37>
 28. Kuzminykh, I., Ghita, B., Sokolov, V., Bakhshi, T. (2021). Information Security Risk Assessment. Encyclopedia, 1 (3), 602–617. doi: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030050>
 29. Liu, C., Tan, C.-K., Fang, Y.-S., Lok, T.-S. (2012). The Security Risk Assessment Methodology. Procedia Engineering, 43, 600–609. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.106>
 30. Identifying Information Assets and Business Requirements. The National Archives. Available at: <https://cdn.nationalarchives.gov.uk/documents/identify-information-assets.pdf>
 31. Martin, C., Kadry, A., Abu-Shady, G. (2014). Quantifying the financial impact of it security breaches on business processes. 2014 Twelfth Annual International Conference on Privacy, Security and Trust. doi: <https://doi.org/10.1109/pst.2014.6890934>
 32. Lund, M. S., Solhaug, B., Stølen, K. (2011). Model-Driven Risk Analysis. Springer, 460. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12323-8>
 33. Matulevičius, R. (2017). Domain Model for Information Systems Security Risk Management. Fundamentals of Secure System Modeling, 17–30. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-61717-6_2
 34. Innerhofer-Oberperfler, F., Mitterer, M., Hafner, M., Breu, R. (2010). Security Analysis of Service Oriented Systems. Web Services Security Development and Architecture, 33–56. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-950-2.ch002>
 35. Innerhofer-Oberperfler, F., Breu, R. (2010). Potential Rating Indicators for Cyberinsurance: An Exploratory Qualitative Study. Economics of Information Security and Privacy, 249–278. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6967-5_13
 36. Alkubaisy, D., Piras, L., Al-Obeidallah, M. G., Cox, K., Mouratidis, H. (2022). A Framework for Privacy and Security Requirements Analysis and Conflict Resolution for Supporting GDPR Compliance Through Privacy-by-Design. Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 67–87. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-96648-5_4
 37. Pullonen, P., Tom, J., Matulevičius, R., Toots, A. (2019). Privacy-enhanced BPMN: enabling data privacy analysis in business processes models. Software and Systems Modeling, 18 (6), 3235–3264. doi: <https://doi.org/10.1007/s10270-019-00718-z>
 38. Malina, L., Dzurenda, P., Ricci, S., Hajny, J., Srivastava, G., Matulevičius, R. et al. (2021). Post-Quantum Era Privacy Protection for Intelligent Infrastructures. IEEE Access, 9, 36038–36077. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3062201>
 39. Rikhardsson, P., Rohde, C., Christensen, L., Batt, C. E. (2021). Management controls and crisis: evidence from the banking sector. Accounting, Auditing & Accountability Journal, 34 (4), 757–785. doi: <https://doi.org/10.1108/aaaj-01-2020-4400>
 40. Koeze, R. (2017). Designing a Cyber Risk Assessment Tool for Small to Medium Enterprises. TUDelft. Available at: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:8ffae35d-0695-4eb9-b488-471bd1c9e10d/datastream/OBJ/download>
 41. Milov, O., Khvostenko, V., Natalia, V., Korol, O., Zviertseva, N. (2022). Situational Control of Cyber Security in Socio-Cyber-Physical Systems. 2022 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). doi: <https://doi.org/10.1109/hora55278.2022.9800049>
 42. Milov, O., Yevseiev, S., Zviertseva, N., Zviertsev, H., Motalyhin, Y. (2022). Pseudo-Physical Logics in Control of Cyber Security Systems. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). doi: <https://doi.org/10.1109/ismsit56059.2022.9932711>
 43. SWI-Prolog. Available at: <https://www.swi-prolog.org/>
 44. Pohasii, S., Yevseiev, S., Zhuchenko, O., Milov, O., Lysechko, V., Kovalenko, O. et al. (2022). Development of crypto-code constructs based on LDPC codes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (9 (116)), 44–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254545>
 45. Yevseiev, S., Ponomarenko, V., Laptiev, O., Milov, O., Korol, O., Milevskiy, 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273786

**IMPROVEMENT OF THE OPTIMIZATION METHOD
BASED ON THE CAT PACK ALGORITHM (p. 41–48)**

Volodymyr Koval

General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6209-6779>

Olena Nechyporuk

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8203-7998>

Andrii Shyshatskyi

Research Center For Trophy And Perspective Weapons and Military Equipment, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Oleksii Nalapko

Central Scientifically-Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3515-2026>

Oleh Shknaï

Scientific-Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-4917>

Yevhen Zhyvlyo

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4077-7853>

Viktor Yerko

State Scientific-Research Institute of Aviation, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5150-5303>

Borys Kreminskyi

Institute of Education Content Modernization, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1689-6986>

Oleksandr Kovbasiuk

Central Scientifically-Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2481-2877>

Anton Bychkov

Central Scientifically-Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2391-4190>

The problem that is being solved in the research is to increase the efficiency of decision-making in management tasks while ensuring the given reliability, regardless of the hierarchical nature of the object. The object of research is the decision-making support systems. The subject of the research is the decision-making process

in management tasks using an improved cat flock algorithm. The research hypothesis is the possibility of increasing the efficiency of decision-making with a given assessment reliability. In the course of the research, an improved method of parametric optimization based on the improved algorithm of the cat flock was proposed. In the course of the research, the general provisions of the theory of artificial intelligence were used to solve the problem of analyzing the state of objects and subsequent parametric management in intelligent decision-making support systems.

The essence of the method improvement lies in the use of the following procedures, which improve basic procedures of the cat flock algorithm, namely, search and chase:

- training of individuals of a cat flock with the help of evolving artificial neural networks;
- taking into account the type of uncertainty of the initial data while constructing the metric of the path of the cat flock, which reduces the time of searching for the optimal solution;
- searching for a solution in several directions using individuals from the cat flock, which reduces the time of searching for the optimal solution;
 - initial display of individuals from the cat flock not randomly;
 - additional consideration of the chase parameter, which limits the chase area, which allows to take into account the priority of the search;
- the ability to determine the need to involve additional network hardware resources.

An example of the use of the proposed method is presented on the example of assessing the state of the operational situation of a group of troops (forces). The specified example showed a 17–23 % increase in the efficiency of data processing due to the use of additional improved procedures.

Keywords: management object, cat pack algorithm, uncertainty of data, efficiency of assessment, reliability of decisions.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. Ozbroiennia ta viyskova tekhnika, 1, 35–39. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2015_1_7
2. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (2 (105)), 37–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
3. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
4. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 78–89. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
5. Zuiiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (9 (106)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
6. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Y., Trotsko, O., Neroznak, Y. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9 (4), 5583–5590. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatce/2020/206942020>
7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 11 (5), 37–44. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
8. Rotshteyn, A. P. (1999). Intellektual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti. Vinnitsa: "UNIVERSUM", 320.
9. Alpeeva, E. A., Volkova, I. I. (2019). The use of fuzzy cognitive maps in the development of an experimental model of automation of production accounting of material flows. Russian Journal of Industrial Economics, 12 (1), 97–106. doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
10. Zagranovskaya, A. V., Eissner, Y. N. (2017). Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. Modern economics: problems and solutions, 10, 33–47. doi: <https://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
11. Simankov, V. S., Putyato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. Sistemniy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii, 13, 31–35.
12. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. Information Sciences, 486, 190–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
13. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. Automation in Construction, 90, 117–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
14. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. Expert Systems with Applications, 120, 167–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
15. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Procedia Computer Science, 131, 952–958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
16. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? Decision Support Systems, 125, 113114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
17. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. Future Generation Computer Systems, 91, 620–633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
18. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. CIRP Annals, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
19. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-2/W11, 59–63. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w11-59-2013>
20. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. International Journal of Man-Machine Studies, 24 (1), 65–75. doi: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
21. Gorelova, G. V. (2013). Cognitive approach to simulation of large systems. Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki, 3, 239–250. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-podhod-k-imitatsionnomu-modelirovaniyu-slozhnyh-sistem>

22. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5 (11), 32–41. doi: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04>
23. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskiy, T. et al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
24. Mahdi, Q. A., Shyshatskiy, A., Prokopenko, Y., Ivakhnenko, T., Kupriyenko, D., Golian, V. et al. (2021). Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 51–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>
25. Emel'yanov, V. V., Kureychik, V. V., Kureychik, V. M., Emel'yanov, V. V. (2003). *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya*. Moscow: Fizmatlit, 432.
26. Gorokhovatsky, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 5–12. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
27. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. (2020). Building Decision Support Systems based on Fuzzy Data. *Advanced Information Systems*, 4 (4), 48–56. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>
28. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
29. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
30. Shyshatskiy, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., Lyashenko, A. (2020). Method of assessment of the efficiency of the communication of operational troop grouping system. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 107–112. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
31. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
32. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., Ugryn, D. (2017). Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
33. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the secondorder adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
34. Gorbenko, I., Ponomar, V. (2017). Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
35. Lovska, A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 49–54. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_1/10%20Lovska.pdf
36. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry. *Acta Polytechnica*, 60 (6). doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>
37. Koval, M., Sova, O., Orlov, O., Shyshatskiy, A., Artabaiev, Y., Shkhnai, O. et al. (2022). Improvement of complex resource management of special-purpose communication systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (119)), 34–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266009>

DOI 10.15587/1729-4061.2023.274360
DEVELOPMENT OF A TWO-STAGE METHOD FOR
SEGMENTING THE COLOR IMAGES OF URBAN
TERRAIN ACQUIRED FROM SPACE OPTIC-
ELECTRONIC OBSERVATION SYSTEMS BASED
ON THE ANT ALGORITHM AND THE HOUGH
ALGORITHM (p. 49–61)

Hennadii Khudov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
 Kharkiv, Ukraine

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

Oleksandr Makoveichuk

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

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

Vladyslav Khudov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9863-4743>

Irina Khizhnyak

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
 Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-7631>

Rostyslav Khudov

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6209-209X>

Volodymyr Maliuha

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
 Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6227-1269>

Serhii Sukonko

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2224-4068>

Oleksii Lunov

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6599-5331>

Mykhailo Buhera

Central Scientifically-Research Institute of Armaments and
 Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0339-6085>

Taras Kravets

National Army Academy named after Hetman Petro Sahaidachnyi
 National Army Academy, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5398-7441>

The object of this study is the high level of errors of the first and second kind in the segmentation of images of urbanized areas acquired from space optoelectronic surveillance systems.

The method of image segmentation of urbanized areas implies two stages and, unlike known ones:

- takes into account each channel of brightness of the color space of the original image;
- at the first stage, an ant algorithm is used;

– image segmentation at the first stage is reduced to the calculation of the objective function, the areas of movement of ants, and the concentration of pheromone on the routes of ant movement;

– at the second stage, the brightness and geometric shape of the elements of objects are taken into account;

– contours and geometric primitives are defined in the Hough parameter space;

– the objects of interest of the urbanized area in the space of the original image are determined.

An experimental study into the segmentation of images of urbanized terrain acquired from space optoelectronic observation systems was carried out based on the ant algorithm and the Hough algorithm.

The quality of image segmentation of the urbanized area was assessed. It was found that the error of the first kind when using the improved method of segmentation is reduced by 2.75 %. The error of the second kind is reduced by 3.91 % when using the improved method of segmentation. This reduction became possible due to the use of an improved method of segmenting the image of an urbanized area by the ant algorithm at the first stage. Compared to Canny's algorithm, the error of the first kind decreased by 8.9 %, and the error of the second kind decreased by 11.0 %.

Methods for segmenting images of urbanized areas acquired from space optoelectronic surveillance systems can be implemented in software and hardware systems of image processing.

Keywords: image segmentation, urbanized terrain, ant algorithm, Hough algorithm, space system.

References

- Chemin, Y. (Ed.) (2012). *Remote Sensing of Planet Earth*. IntechOpen, 252. doi: <https://doi.org/10.5772/2291>
- Richards, J. (2022). *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 567. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-82327-6>
- Cheng, G., Han, J. (2016). A survey on object detection in optical remote sensing images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 117, 11–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.014>
- Pultarova, T. New satellite photos show surface cracks from devastating Turkey earthquake. Available at: <https://www.space.com/turkey-earthquakes-damage-maxar-satellite-photos>
- Satellite images show Bakhmut before and after Russian invasion. Available at: <https://news.yahoo.com/satellite-images-show-bakhmut-russian-055820360.html>
- Harrison, T., Strohmeyer, M. (2022). *Commercial Space Remote Sensing and Its Role in National Security*. Center for Strategic & International Studies. Available at: https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/220202_Harrison_Commercial_Space.pdf?VgV9.43i5ZGs8JDAYDtz0KNbkEnXpH21
- Khudov, H., Makoveichuk, O., Butko, I., Butko, M., Khudolei, V., Kukhtyk, S. (2022). The development of a management decision-making method based on the analysis of information from space observation systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (120)), 59–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269027>
- Abdollahi, A., Pradhan, B. (2021). Integrated technique of segmentation and classification methods with connected components analysis for road extraction from orthophoto images. *Expert Systems with Applications*, 176, 114908. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114908>
- Bakhtiari, H. R. R., Abdollahi, A., Rezaeian, H. (2017). Semi automatic road extraction from digital images. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20 (1), 117–123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.03.001>
- Senthilnath, J., Rajeshwari, M., Omkar, S. N. (2009). Automatic road extraction using high resolution satellite image based on texture progressive analysis and normalized cut method. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37 (3), 351–361. doi: <https://doi.org/10.1007/s12524-009-0043-5>
- Singh, P. P., Garg, R. D. (2013). Automatic Road Extraction from High Resolution Satellite Image using Adaptive Global Thresholding and Morphological Operations. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41 (3), 631–640. doi: <https://doi.org/10.1007/s12524-012-0241-4>
- Miao, Z., Shi, W., Gamba, P., Li, Z. (2015). An Object-Based Method for Road Network Extraction in VHR Satellite Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8 (10), 4853–4862. doi: <https://doi.org/10.1109/jstars.2015.2443552>
- Grinias, I., Panagiotakis, C., Tziritas, G. (2016). MRF-based segmentation and unsupervised classification for building and road detection in peri-urban areas of high-resolution satellite images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 122, 145–166. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.10.010>
- Bai, H., Cheng, J., Su, Y., Wang, Q., Han, H., Zhang, Y. (2022). Multi-Branch Adaptive Hard Region Mining Network for Urban Scene Parsing of High-Resolution Remote-Sensing Images. *Remote Sensing*, 14 (21), 5527. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14215527>
- Li, X., Li, T., Chen, Z., Zhang, K., Xia, R. (2021). Attentively Learning Edge Distributions for Semantic Segmentation of Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*, 14 (1), 102. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14010102>
- Marmanis, D., Schindler, K., Wegner, J. D., Galliani, S., Datcu, M., Stilla, U. (2018). Classification with an edge: Improving semantic image segmentation with boundary detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 135, 158–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.11.009>
- Kit, O., Lüdeke, M., Reckien, D. (2012). Texture-based identification of urban slums in Hyderabad, India using remote sensing data. *Applied Geography*, 32 (2), 660–667. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.07.016>
- Zhao, S., Wu, H., Tu, L., Huang, B. (2014). Segmentation of Urban Areas Using Vector-Based Model. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence and Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic and Trusted Computing and 2014 IEEE 14th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops. doi: <https://doi.org/10.1109/uic-atc-scalcom.2014.89>
- Sambaturu, B., Gupta, A., Jawahar, C. V., Arora, C. (2023). ScribbleNet: Efficient interactive annotation of urban city scenes for semantic segmentation. *Pattern Recognition*, 133, 109011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.109011>
- Pereira, E. T., Barros Filho, M. N. M., Simões, M. B., Bezerra Neto, J. A. (2022). Automatic detection of deprived urban areas using Google Earth™ images of cities from the Brazilian semi-arid region. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 14. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210209>
- Pan, Z., Xu, J., Guo, Y., Hu, Y., Wang, G. (2020). Deep Learning Segmentation and Classification for Urban Village Using a Worldview Satellite Image Based on U-Net. *Remote Sensing*, 12 (10), 1574. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12101574>
- Mhangara, P., Odindi, J. (2013). Potential of texture-based classification in urban landscapes using multispectral aerial photos. *South African Journal of Science*, 109 (3/4), 8. doi: <https://doi.org/10.1590/sajs.2013/1273>
- Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Oleksenko, O., Khazhanets, Y., Solomonenko, Y. et al. (2022). Devising a method for segmenting complex structured images acquired from space observation systems based on the particle swarm algorithm. *Eastern-*

- European Journal of Enterprise Technologies, 2 (9 (116)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255203>
24. Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Shamrai, B., Glukhov, S., Lunov, O. et al. (2022). The Method for Determining Informative Zones on Images from On-Board Surveillance Systems. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12 (8), 61–69. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0822_08
 25. Ruban, I., Khudov, H., Makoveichuk, O., Khudov, V., Kalimulin, T., Glukhov, S. et al. (2022). Methods of UAVs images segmentation based on k-means and a genetic algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (118)), 30–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263387>
 26. Khudov, H., Makoveichuk, O., Butko, I., Gyrenko, I., Stryhun, V., Bilous, O. et al. (2022). Devising a method for segmenting camouflaged military equipment on images from space surveillance systems using a genetic algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (117)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259759>
 27. Körting, T. S., Fonseca, L. M. G., Dutra, L. V., Silva, F. C. (2008). Image re-segmentation applied to urban imagery. *ISPRS. Beijing*. doi: <https://doi.org/10.13140/2.1.5133.9529>
 28. Dikmen, M., Halici, U. (2014). A Learning-Based Resegmentation Method for Extraction of Buildings in Satellite Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11 (12), 2150–2153. doi: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2014.2321658>
 29. Ruban, I., Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Lukova-Chuiko, N., Pevtsov, H. et al. (2019). Method for determining elements of urban infrastructure objects based on the results from air monitoring. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (100)), 52–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174576>
 30. Khudov, H., Khudov, V., Yuzova, I., Solomonenko, Y., Khizhnyak, I. (2021). The Method of Determining the Elements of Urban Infrastructure Objects Based on Hough Transformation. *Studies in Systems, Decision and Control*, 247–265. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3_15
 31. Khudov, H., Ruban, I., Makoveichuk, O., Pevtsov, H., Khudov, V., Khizhnyak, I. et al. (2020). Development of methods for determining the contours of objects for a complex structured color image based on the ant colony optimization algorithm. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 34–47. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001108>
 32. Svatonova, H. (2016). Analysis of visual interpretation of satellite data. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B2, 675–681. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xli-b2-675-2016>
 33. Image Interpretation of Remote Sensing data. Available at: <https://www.geospatialworld.net/article/image-interpretation-of-remote-sensing-data/>
 34. Mashtalir, V., Ruban, I., Levashenko, V. (Eds.) (2020). Advances in Spatio-Temporal Segmentation of Visual Data. *Studies in Computational Intelligence*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35480-0>
 35. Dorigo, M., Stützle, T. (2018). Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances. *Handbook of Metaheuristics*, 311–351. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4_10
 36. Gabrielli, A., Alfonsi, F., Del Corso, F. (2022). Simulated Hough Transform Model Optimized for Straight-Line Recognition Using Frontier FPGA Devices. *Electronics*, 11 (4), 517. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics11040517>
 37. Rahman, S., Ramli, M., Arnia, F., Muharar, R., Luthfi, M., Sundari, S. (2020). Analysis and Comparison of Hough Transform Algorithms and Feature Detection to Find Available Parking Spaces. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566 (1), 012092. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012092>
 38. IKONOS Satellite Image Gallery. Available at: <https://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos/>
 39. Müller, D., Soto-Rey, I., Kramer, F. (2022). Towards a guideline for evaluation metrics in medical image segmentation. *BMC Research Notes*, 15 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06096-y>
 40. Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Glukhov, S., Shamrai, N., Rudnichenko, S. et al. (2022). The Choice of Quality Indicator for the Image Segmentation Evaluation. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12 (10), 95–103. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae1022_11
 41. Hudov, G. V. (2003). Specific Features of Optimization of Two-Alternative Decisions in Joint Search and Detection of Objects. *Journal of Automation and Information Sciences*, 35 (9), 40–46. <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v35.i9.50>
 42. Khudov, H., Makoveichuk, O., Misiuk, D., Pievtsov, H., Khizhnyak, I., Solomonenko, Y. et al. (2022). Devising a method for processing the image of a vehicle's license plate when shooting with a smartphone camera. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (115)), 6–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252310>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273674

DEVELOPMENT OF THE MATCHED FILTRATION OF A BLURRED DIGITAL IMAGE USING ITS TYPICAL FORM (p. 62–71)

Sergii Khlamov

SoftServe, 2D, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>

Vadym Savanevych

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8840-8278>

Vladimir Vlasenko

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8639-4415>

Oleksandr Briukhovetskyi

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4550-5606>

Tetiana Trunova

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-2679>

Ihor Levykin

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8086-237X>

Viktoriia Shvedun

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5170-4222>

Iryna Tabakova

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6629-4927>

The appearance of “blurred” digital images is a consequence of the violation of the immobility of the camera during the shooting of the objects under study. To this end, a procedure was devised for matched filtering of the blurred digital image of the object using its typical image form in a series of frames.

This procedure is based on the automated formation of a typical form of a digital image, as well as on the choice of special parameters for the transfer function of the matched filter. Adapting the procedure specifically to the typical form makes it possible to perform a

more accurate assessment of the required parameters of the blurred digital image compared to the analytically set profile.

The formation of a typical form makes it possible to take into account the features of the very formation of the blurred image on each frame of the original series. Based on this, a more accurate assessment of the initial approximation of the parameters of all Gaussians of the object image is performed. In practice, matched filtering makes it possible to highlight blurred images of objects against the background of substrate noise. Also, using the matched filtering procedure makes it possible to improve the segmentation of images of reference objects and reduce the number of false detections.

The devised procedure for the matched filtering of a blurred digital image using its typical form has been tested in practice as part of the research in the framework of the CoLiTec project. It was implemented in the intraframe processing unit of the Lemur software for the automated detection of new and tracking of known objects. Owing to the use of Lemur software and the proposed computational procedure introduced into it, more than 700,000 measurements of various objects under study were successfully processed and identified.

Keywords: image processing, blurred image, matched filter, transfer function, OLS-evaluation of parameters.

References

- Dearborn, D. P. S., Miller, P. L. (2014). Defending Against Asteroids and Comets. *Handbook of Cosmic Hazards and Planetary Defense*, 1–18. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02847-7_59-1
- Mykhailova, L., Savanevych, V., Sokovikova, N., Bezkrivnyy, M., Khlamov, S., Pogorelov, A. (2014). Method of maximum likelihood estimation of compact group objects location on CCD-frame. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (71)), 16–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28028>
- Savanevych, V. E., Khlamov, S. V., Akhmetov, V. S., Briukhovetskyi, A. B., Vlasenko, V. P., Dikov, E. N. et al. (2022). CoLiTecVS software for the automated reduction of photometric observations in CCD-frames. *Astronomy and Computing*, 40, 100605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100605>
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Dmytrenko, A. (2018). Fast Coordinate Cross-Match Tool for Large Astronomical Catalogue. *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, 3–16. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_1
- Vavilova, I., Pakuliak, L., Babyk, I., Elyiv, A., Dobrycheva, D., Melnyk, O. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 57–102. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00015-1>
- Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the web 2.0 age. *Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.925321>
- Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., Bogatov, I. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (104)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198527>
- Khlamov, S., Savanevych, V. (2020). Big Astronomical Datasets and Discovery of New Celestial Bodies in the Solar System in Automated Mode by the CoLiTec Software. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 331–345. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00030-8>
- Smith, G. E. (2010). Nobel Lecture: The invention and early history of the CCD. *Reviews of Modern Physics*, 82 (3), 2307–2312. doi: <https://doi.org/10.1103/revmodphys.82.2307>
- Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Oryshych, S. (2016). Development of computational method for detection of the object's near-zero apparent motion on the series of ccd-frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (80)), 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65999>
- Kuz'min, S. Z. (2000). *Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedenie v teoriyu*. Kyiv: Izdatel'stvo KviTS, 428.
- Klette, R. (2014). *Concise computer vision. An Introduction into Theory and Algorithms*. Springer, 429. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
- Kirichenko, L., Zinchenko, P., Radivilova, T. (2020). Classification of Time Realizations Using Machine Learning Recognition of Recurrence Plots. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*, 687–696. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_44
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Khramtsov, V., Dmytrenko, A. (2019). Astrometric Reduction of the Wide-Field Images. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 896–909. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_58
- Belov, L. A. (2021). *Radioelektronika. Formirovanie stabil'nykh chastot i signalov*. Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 268.
- Bishop, C. M. (2013). *Model-based machine learning*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371 (1984), 20120222. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0222>
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Tabakova, I., Hernandez, W., Nieto Hipolito, J. I., Fedorov, P. (2019). New approach for pixelization of big astronomical data for machine vision purpose. *2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*. doi: <https://doi.org/10.1109/isie.2019.8781270>
- Minaee, S., Boykov, Y. Y., Porikli, F., Plaza, A. J., Kehtarnavaz, N., Terzopoulos, D. (2021). *Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44 (7). doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
- Dadkhah, M., Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., Shamsheband, S., Jazi, M. D. (2019). Methodology of wavelet analysis in research of dynamics of phishing attacks. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 12 (3/4), 220. doi: <https://doi.org/10.1504/ijaip.2019.098561>
- Kirichenko, L., Saif, A., Radivilova, T. (2020). Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (5). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110527>
- Burger, W., Burge, M. (2010). *Principles of digital image processing: core algorithms*. Springer, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
- Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 516.
- Soyfer, V. A. (Ed.) (2003). *Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy*. Moscow: Fizmatlit, 784.
- Rubin, B. (2015). *Introduction to Radon transforms. With Elements of Fractional Calculus and Harmonic Analysis*. *Encyclopedia of Mathematics and its Applications*. Cambridge University Press, 596.
- Wang, J., Cai, D., Wen, Y. (2011). Comparison of matched filter and dechirp processing used in Linear Frequency Modulation. *2011 IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1109/cceeng.2011.6008069>
- Jorgensen, B. (2012). *Statistical properties of the generalized inverse Gaussian distribution*. Springer, 188. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5698-4>
- Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Chelombitko, V., Tabakova, I. (2022). Development of computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image. *Eastern-European Journal of*

- Enterprise Technologies, 5 (4 (119)), 24–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.26530>
28. Savanevych, V., Khlamov, S., Vlasenko, V., Deineko, Z., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Formation of a typical form of an object image in a series of digital frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266988>
29. Lemur software. CoLiTec. Available at: <https://colitec.space/>
30. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Pohorelov, A., Vlasenko, V., Dikov, E. (2018). CoLiTec Software for the Astronomical Data Sets Processing. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478504>
31. Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazyey, N., Isaeva, E., Golovnia, V. (2018). The Simeiz plate collection of the ODESSA astronomical observatory. *Proceedings of the XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference*, 207–216.
32. Parimucha, Š., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, O. B., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V., Vlasenko, V. P. et al. (2019). CoLiTecVS - A new tool for an automated reduction of photometric observations. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 49 (2), 151–153. Available at: <https://www.ta3.sk/caosp/Eedition/FullTexts/vol49no2/pp151-153.pdf>
33. Mingmuang, Y., Tummuangpak, P., Asanok, K., Jaroenjittichai, P. (2019). The mass distribution and the rotation curve of the Milky Way Galaxy using NARIT 4.5 m small radio telescope and the 2.3 m Onsala radio telescope. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380 (1), 012028. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012028>
34. Sergienko, A. B. (2011). *Tsifrovaya obrabotka signalov*. Sankt-Peterburg: BKhV-Peterburg, 768.
35. Kobzar', A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLI, 816.
36. Le, D.-H., Pham, C.-K., Nguyen, T. T. T., Bui, T. T. (2012). Parameter extraction and optimization using Levenberg-Marquardt algorithm. 2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE). doi: <https://doi.org/10.1109/cce.2012.6315945>
37. Gonzalez, R., Woods, R. (2018). *Digital image processing*. New York, NY: Pearson, 1168.
38. Ivanov, M. T., Sergienko, A. B., Ushakov, V. N. (2021). *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly*. Sankt-Peterburg: Piter, 336.
39. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, 3171, 1043–1055.
40. Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4), 312–323.
41. Rao, K. R., Kim, D. N., Hwang, J.-J. (2010). *Fast Fourier Transform - Algorithms and Applications*. Springer, 426. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6629-0>
42. Buslov, P., Shvedun, V., Streltsov, V. (2018). Modern Tendencies of Data Protection in the Corporate Systems of Information Consolidation. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. *Science and Technology (PIC S&T)*. doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632089>
43. Petrychenko, A., Levykin, I., Iuriev, I. (2021). Improving a method for selecting information technology services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 32–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229983>
44. Baranova, V., Zeleniy, O., Deineko, Z., Bielcheva, G., Lyashenko, V. (2019). Wavelet Coherence as a Tool for Studying of Economic Dynamics in Infocommunication Systems. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061301>
45. Dombrovska, S., Shvedun, V., Streltsov, V., Husarov, K. (2018). The prospects of integration of the advertising market of Ukraine into the global advertising business. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (2), 321–330. doi: [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(2\).2018.29](https://doi.org/10.21511/ppm.16(2).2018.29)

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273492

DEVELOPING MICROPHONE-BASED AUDIO COMMANDS CLASSIFIER USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (p. 72–81)

Shakir Mahmood Mahdi

University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2909-4077>

Sabreen Ali Hussein

University of Babylon, Al Hillah, Babylon, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4338-4078>

Hayder Mahmood Salman

Al-Turath University College, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2333-405X>

Alyaa Hamel Sfayyih

University Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8239-4127>

Nasri Bin Sulaiman

University Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-2068>

Audio command recognition methods are essential to be recognized for performing user instructions, especially for people with disabilities. Previous studies couldn't examine and classify the performance optimization of up to twelve audio commands categories. This work develops a microphone-based audio commands classifier using a convolutional neural network (CNN) with performance optimization to categorize twelve classes including background noise and unknown words. The methodology mainly includes preparing the input audio commands for training, extracting features, and visualizing auditory spectrograms. Then a CNN-based classifier is developed and the trained architecture is evaluated. The work considers minimizing latency by optimizing the processing phase by compiling MATLAB code into C code if the processing phase reaches a peak algorithmically. In addition, the method conducts decreasing the frame size and increases the sample rate that is also contributed to minimizing latency and maximizing the performance of processing audio input data. A modest bit of dropout to the input to the final fully connected layer is added to lessen the likelihood that the network will memorize particular elements of the training data. We explored expanding the network depth by including convolutional identical elements, ReLu, and batch normalization layers to improve the network's accuracy. The training progress demonstrated how fast the accuracy of the network is increasing to reach about 98.1 %, which interprets the ability of the network to over-fit the data of training. This work is essential to serve speech and speaker recognition such as smart homes and smart wheelchairs, especially for people with disabilities.

Keywords: audio, commands, spectrogram, classifier, deep-learning, CNN, network, real-time.

References

1. Suadaa Irfana, M. (2018). The Use Of Voice in Opac Using Google API Voice Recognition & Speech Synthesis and Fullproof Algorithm as Faster Searching Device. *International Journal of Engineer-*

- ing & Technology, 7 (3.7), 274. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.7.16390>
2. Ali, M. Y., Naeem, S. B., Bhatti, R. (2020). Artificial intelligence tools and perspectives of university librarians: An overview. *Business Information Review*, 37 (3), 116–124. doi: <https://doi.org/10.1177/0266382120952016>
 3. Yossy, E. H., Suparta, W., Trisetayrso, A., Abbas, B. S., Kang, C. H. (2019). Measurement of Usability for Speech Recognition on Ok Google. *Studies in Computational Intelligence*, 83–94. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14132-5_7
 4. Sprengholz, P., Betsch, C. (2021). Ok Google: Using virtual assistants for data collection in psychological and behavioral research. *Behavior Research Methods*, 54 (3), 1227–1239. doi: <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01629-y>
 5. Choi, T. R., Drumwright, M. E. (2021). “OK, Google, why do I use you?” Motivations, post-consumption evaluations, and perceptions of voice AI assistants. *Telematics and Informatics*, 62, 101628. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101628>
 6. Adaimi, R., Yong, H., Thomaz, E. (2021). Ok Google, What Am I Doing? Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 5 (1), 1–24. doi: <https://doi.org/10.1145/3448090>
 7. Kaur, G., Srivastava, M., Kumar, A. (2018). Integrated Speaker and Speech Recognition for Wheel Chair Movement Using Artificial Intelligence. *Informatica*, 42 (4). doi: <https://doi.org/10.31449/inf.v42i4.2003>
 8. Vafeiadis, A., Votis, K., Giakoumis, D., Tzovaras, D., Chen, L., Hamzaoui, R. (2020). Audio content analysis for unobtrusive event detection in smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 89, 103226. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.08.020>
 9. Moon, J. M., Chun, C. J., Kim, J. H., Kim, H. K., Kim, T. W. (2019). Multi-Channel Audio Source Separation Using Azimuth-Frequency Analysis and Convolutional Neural Network. 2019 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC). doi: <https://doi.org/10.1109/icaaic.2019.8668841>
 10. Jwaid, W. M., Al-Husseini, Z. S. M., Sabry, A. H. (2021). Development of brain tumor segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) using U-Net deep learning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 23–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238957>
 11. Hamza, A. H., Hussein, S. A., Ismaeel, G. A., Abbas, S. Q., Zahra, M. M. A., Sabry, A. H. (2022). Developing three dimensional localization system using deep learning and pre-trained architectures for IEEE 802.11 Wi-Fi. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (118)), 41–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263185>
 12. Mohite, R. B., Lamba, O. S. (2021). Classifier Comparison for Blind Source Separation. 2021 International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON). doi: <https://doi.org/10.1109/smartgencon51891.2021.9645821>
 13. Yosrita, E., Heryadi, Y., Budiharto, W. (2020). Words classifier of imagined speech based on EEG for patients with disabilities. *ICIC Express Letters*, 14 (1), 37–41. doi: <https://doi.org/10.24507/icicel.14.01.37>
 14. Nanni, L., Costa, Y. M. G., Aguiar, R. L., Mangolin, R. B., Brahnam, S., Silla, C. N. (2020). Ensemble of convolutional neural networks to improve animal audio classification. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2020 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13636-020-00175-3>
 15. Xu, G., Wu, Y., Li, M. (2020). The Study of Influence of Sound on Visual ERP-Based Brain Computer Interface. *Sensors*, 20 (4), 1203. doi: <https://doi.org/10.3390/s20041203>
 16. Sharma, S. (2021). Emotion Recognition from Speech using Artificial Neural Networks and Recurrent Neural Networks. 2021 11th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). doi: <https://doi.org/10.1109/confluence51648.2021.9377192>
 17. Speech datasets for conversational AI, ASR and IVR. Available at: https://stagezero.ai/off-the-shelf-speech-datasets/?gclid=CjwKCAiAy_CcBhBeEiwAcoMRHI58ioKouVJ_nLmGJGX9cqOpu6tRUwfmjMQGCHuvBfKN9u4lB6AjhxoC-BY-QAvD_BwE
 18. Esmailpour, M., Cardinal, P., Lameiras Koerich, A. (2020). Un-supervised feature learning for environmental sound classification using Weighted Cycle-Consistent Generative Adversarial Network. *Applied Soft Computing*, 86, 105912. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105912>
 19. Shashidhar, R., Patilkulkarni, S. (2021). Visual speech recognition for small scale dataset using VGG16 convolution neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 80 (19), 28941–28952. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11119-0>
 20. Sinha, H., Awasthi, V., Ajmera, P. K. (2020). Audio classification using braided convolutional neural networks. *IET Signal Processing*, 14 (7), 448–454. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-spr.2019.0381>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274501

REDUCING THE IMPACT OF INTERCHANNEL INTERFERENCE ON THE EFFICIENCY OF SIGNAL TRANSMISSION IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS OF DATA TRANSMISSION BASED ON THE OFDM SIGNAL (p. 82–93)

Anatoliy Makarenko

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4081-328X>

Qasim Nameer

Cihan University-Sulaimaniya

Sulaymaniyah, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7283-0594>

Oleksandr Turovsky

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4961-0876>

Nataliia Rudenko

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8582-3126>

Konstantyn Polonskyi

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3189-4070>

Oleg Govorun

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6938-8371>

This paper considers the process that forms an interchannel transient interference in the structure of the signal created on the basis of the technology of parallel data transmission and frequency distribution with multiplexing of the phase-modulated signal – the OFDM signal.

Based on the analysis of the OFDM signal structure, it was determined that changes in the position and parameters of the carrier symbol from the composition of this OFDM symbol create an interchannel transient interference.

A list of OFDM signal parameters that can affect the appearance of interchannel interference and the value of its quantitative value was summarized and presented. A model for assessing the impact of interchannel interference on the efficiency of signal transmission in

telecommunication data transmission systems based on the OFDM signal has been developed and proposed.

Based on mathematical modeling using this model, the dependence of the quantitative assessment of the magnitude of the interchannel interference on the magnitude of the protective interval for different values of the interchannel value with a different number of signal pre-reception has been established. It is shown that an increase in the value of the interchannel value to 96 subchannels makes it possible to achieve an interchannel transient interference of less than 3 percent with a protective interval of more than 2 ms already with one pre-reception. This is explained by the fact that the increase in the interchannel value makes it possible to reduce the value of the protective interval and minimizes the effect of frequency distortions of the sub-channel of one channel.

The data reported in this work and the recommendations substantiated on their basis confirm the possibility of the proposed model for assessing the value of the interchannel transient interference and justifying the recommendations for reducing its impact on the efficiency of signal transmission in telecommunication data transmission systems based on the OFDM signal.

The proposed evaluation model can find practical application in improving existing and developing new telecommunication data transmission systems based on OFDM technology.

Keywords: OFDM signal, subcarrier frequency, interchannel quantity, interchannel transient interference, protective interval.

References

1. Popivskiy, V. V., Lemesenko, O. V., Kovalchuk, V. K., Plotnikov, M. D., Kartushyn, Yu. P. (2012). Telekomunikatsiyini systemy ta merezhi. Struktura y osnovni funktsiyi.
2. Abdourahmane, A. (2016). Advantages of optical orthogonal frequency division multiplexing in communications systems. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 27–33. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2016.00058>
3. Liu, Q. P., Yang, Y. N., Li, W. X. (2014). Application of OFDM Technology in 4G Mobile Network. *Applied Mechanics and Materials*, 631-632, 851–855. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.631-632.851>
4. Mazurkov, M. I. (2010). Sistemy shirokopolosnoy radiosvyazi. Odesa: «Nauka i tekhnika», 340.
5. Sklyar, B. (2003). Tsifrovaya svyaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primenenie. Moscow: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 1099.
6. Kryszkiewicz, P., Bogucka, H. (2013). Out-of-Band Power Reduction in NC-OFDM with Optimized Cancellation Carriers Selection. *IEEE Communications Letters*, 17 (10), 1901–1904. doi: <https://doi.org/10.1109/lcomm.2013.081813.131515>
7. Taheri, T., Nilsson, R., van de Beek, J. (2016). Asymmetric Transmit-Windowing for Low-Latency and Robust OFDM. 2016 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps). doi: <https://doi.org/10.1109/glocowm.2016.7848842>
8. Mohamad, M., Nilsson, R., Van De Beek, J. (2018). A Novel Transmitter Architecture for Spectrally-Precoded OFDM. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 65 (8), 2592–2605. doi: <https://doi.org/10.1109/tcsi.2018.2797527>
9. van de Beek, J. (2013). OFDM Spectral Precoding with Protected Subcarriers. *IEEE Communications Letters*, 17 (12), 2209–2212. doi: <https://doi.org/10.1109/lcomm.2013.111013.131492>
10. Agrahari, A., Varshney, P., Jagannatham, A. K. (2018). Precoding and Downlink Beamforming in Multiuser MIMO-OFDM Cognitive Radio Systems With Spatial Interference Constraints. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67 (3), 2289–2300. doi: <https://doi.org/10.1109/tvt.2017.2768823>
11. Chakrabarti, B., Roy, B., Das, P. S., Paul, P., Bhattacharjee, A. K. (2022). Interpretation of Wireless Communication Using OFDM Technology. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 625–636. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-2004-2_57
12. Zaitsev, S. V. (2011). Matematychna model kanalu zviazku z syhnalamy OFDM ta navmysnymy zavadamy. *Matematychni mashyny i systemy*, 4, 166–175. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/83639>
13. Beek, J.-J. Sandell, M., Borjesson, P. O. (1996). ML Estimation of Timing and Frequency offset in Multicarrier Systems. Lulea. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:995280/FULLTEXT01.pdf>
14. Tolubko, V. B., Berkman, L. N., Vlasenko, V. O., Pankratova, O. S. (2016). Rozrobka metodyky vyznachennia parametriv OFDM-syhnaliv v suchasnykh mobilnykh merezhakh. *Suchasnyi zakhyst informatsii*, 3, 3–10.
15. Gnatyuk, S., Kinzeryavyy, V., Kyrychenko, K., Yubuzova, K., Aleksander, M., Odarchenko, R. (2019). Secure Hash Function Constructing for Future Communication Systems and Networks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 561–569. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-12082-5_51
16. Brumnik, R., Kovtun, V., Okhrimenko, A., Kavun, S. (2014). Techniques for Performance Improvement of Integer Multiplication in Cryptographic Applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/863617>
17. Odarchenko, R., Gnatyuk, V., Gnatyuk, S., Abakumova, A. (2018). Security Key Indicators Assessment for Modern Cellular Networks. 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC). doi: <https://doi.org/10.1109/saic.2018.8516889>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273363

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПРИМАНОК НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНИХ АТРИБУТІВ ДЛЯ ДОЛІДЖЕННЯ КІБЕРЗЛОЧИНІВ (с. 6–20)

С. І. Василюшин, В. А. Сусукайло, І. Р. Опірський, Є. О. Курій, І. Я. Тишик

Об'єктом дослідження виступають приманки з динамічними атрибутами. У цій статті розглянуто вплив приманок з використанням блокчейн технологій на стан інформаційної безпеки організації та процес дослідження кіберзлочинів. Це важливо, тому що більшість кіберзлочинів виявлено після моменту отримання зловмисником доступу до конфіденційних даних. За допомогою систематичного аналізу літератури зосередженої на оцінці можливостей технологій приманок та блокчейну, дана робота визначає основні переваги приманок, що використовують технологію блокчейн. Для оцінки ефективності виявлення зловмисника та аналізу кіберзлочинів проведено контрольовані експерименти, використовуючи розроблену авторами систему приманок на основі блокчейн технологій, спрямовані на визначення продуктивності мережі.

В рамках дослідження, що описано в даній статті, запропоновано спосіб виявлення кіберзлочинів з використанням приманок на основі технології блокчейн. Даний спосіб заснований на тому, що атрибути системи динамічно змінюються. Такий спосіб дозволив отримати модель системи, що вирішує проблему виявлення приманок зловмисниками. Також розроблена схема зменшує навантаження на відміну від традиційного фіксованого рішення.

Отримані результати вказують, що час відгуку сервісів значно зменшується у середовищі приманок з динамічними атрибутами. Для прикладу, час відгуку Nginx у статичному хості перевершує динамічний у два рази, а динамічний сервер Apache все ще може реагувати на атаку зловмисника, навіть якщо статичний сервер зазнає збою. Тому, наведені у статті результати дають підстави стверджувати щодо можливості використання рішення у інфраструктурі інформаційних систем державного та приватного рівнів.

Ключові слова: приманки, кіберзлочин, безпека, аналіз, обман, блокчейн, Honeyrot, Deception, мережа, кібербезпека.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274301

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ (с. 21–40)

С. П. Євсєєв, О. В. Мілов, Н. В. Зверцева, Ю. Б. Прибілев, О. В. Лезік, О. С. Комісаренко, А. Д. Наливайко, В. В. Погорелов, В. О. Кацалап, І. Г. Гусарова

Розвиток технологій та обчислювальних ресурсів не лише розширили спектр цифрових послуг у всіх сферах людської діяльності, а й визначили спектри цільових кібератак. Об'єктом дослідження є процес забезпечення безпеки критичних бізнес-процесів, які забезпечують безперервність виробництва та/або функціонування компанії/організації/підприємства в цілому. Цільові атаки спрямовані на знищення не тільки структури бізнесу, а також його окремих складових, які визначають критичні бізнес-процеси. Безперервність таких бізнес-процесів є критичною складовою будь-якої компанії, організації чи підприємства будь-якої форми владності, що критично впливає на отримання прибутку чи організації процесів виробництва. Запропонована концепція визначення рівня безпеки критичних бізнес-процесів базується на необхідності використання багатоконтурних систем захисту інформації. Це дозволяє забезпечити безперервність критичних бізнес-процесів шляхом своєчасної об'єктивної оцінки рівня захищеності та своєчасного формування превентивних заходів. Такий підхід ґрунтується на запропонованих правилах визначення досяжності заданого рівня безпеки, що базуються на оцінках інтегральності, доступності та конфіденційності інформаційних масивів, а також засобів обчислювальної техніки щодо різних точок бізнес-процесів організації. Використання комплексування загроз на внутрішньому та зовнішньому контурах системи захисту дозволяє забезпечити необхідний рівень безпеки та безперервність виробництва/технологічного процесу складових критичних бізнес-процесів. Запропонована практична реалізація системи оцінки рівня безпеки системи мовою декларативного програмування Пролог, яка дозволяє сформулювати вимоги щодо досяжності заданого рівня безпеки системи залежно від оцінок стану окремих компонент системи.

Ключові слова: концепція безпеки, критичний бізнес-процес, багатоконтурні системи захисту.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273786

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ КОШАЧОЇ ЗГРАЇ (с. 41–48)

В. В. Коваль, О. П. Нечипорук, А. В. Шишацький, О. Л. Налапко, О. В. Шкнай, Є. О. Живилю, В. Б. Єрко, Б. Г. Кременський, О. В. Ковбасюк, А. М. Бичков

Проблема, яка вирішується в дослідженні, є підвищення оперативності прийняття рішення в задачах управління при забезпеченні заданої достовірності незалежно від ієрархічності об'єкту. Об'єктом дослідження є системи підтримки прийняття рішень. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в задачах управління за допомогою удосконаленого алгоритму кошачої зграї. Гіпотезою дослідження є можливість підвищення оперативності прийняття рішення при заданій достовірності оцінювання. В ході дослідження запропоновано удосконалений метод параметричної оптимізації на основі удосконаленого алгоритму кошачої зграї. В ході проведеного дослідження використовувалися загальні положення теорії штучного інтелекту – для вирішення задачі аналізу стану об'єктів та послідовного параметричного управління в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

Сутність удосконалення методу полягає в використанні наступних процедур, які удосконалюють обидві базові процедури алгоритму кошачої зграї, а саме пошуку та погоні:

- навчання особин котячої зграї за допомогою штучних нейронних мереж, що еволюціонують;
- врахування типу невизначеності вихідних даних при побудові метрики шляху котячої зграї, що зменшує час пошуку оптимального рішення;
- пошуку рішення у декількох напрямках з використанням особин з кошачої зграї що зменшує час пошуку оптимального рішення;
- початкового виставлення особин з кошачої зграї не випадковим чином;
- додатковим врахуванням параметру погоні, який обмежує ділянку погоні, що дозволяє врахувати пріоритетність пошуку;
- можливість визначати потребу в залученні додаткових апаратних ресурсах мережі.

Проведений приклад використання запропонованого методу на прикладі оцінки стану оперативної обстановки угруповання війсь (сил). Зазначений приклад показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 17–23 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

Ключові слова: об'єкт управління, алгоритм котячої зграї, невизначеність даних, оперативність оцінювання, достовірність рішень.

DOI 10.15587/1729-4061.2023.274360

РОЗРОБКА ДВОХЕТАПНОГО МЕТОДУ СЕГМЕНТУВАННЯ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ УРБАНІЗОВАНОЇ МІСЦЕВОСТІ З КОСМІЧНИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ ТА АЛГОРИТМУ ХАФА (с. 49–61)

Г. В. Худов, О. М. Маковейчук, В. Г. Худов, І. А. Хижняк, Р.Г. Худов, В. Г. Малюга, С. М. Сукоцько, О. Ю. Луцьов, М. Г. Бугера, Т. М. Кравець

Об'єктом дослідження є високий рівень помилок першого та другого роду сегментування зображень урбанізованої місцевості з космічних оптико-електронних систем спостереження.

Метод сегментування зображень урбанізованої місцевості передбачає двохетапність та, на відміну від відомих:

- враховує кожний канал яскравості кольорового простору вихідного зображення;
- на першому етапі використовується мурашиний алгоритм;
- сегментування зображення на першому етапі зводиться до розрахунку цільової функції, ділянок руху мурах та концентрації феромону на маршрутах руху мурах.
- на другому етапі враховуються яскравість та геометрична форма елементів об'єктів;
- визначаються контури та геометричні примітиви у параметричному просторі Хафа;
- визначаються об'єкти інтересу урбанізованої місцевості у просторі вихідного зображення.

Проведено експериментальне дослідження сегментування зображень урбанізованої місцевості з космічних оптико-електронних систем спостереження на основі мурашиного алгоритму та алгоритму Хафа.

Проведено оцінювання якості сегментування зображення урбанізованої місцевості. Встановлено, що помилка I роду при використанні удосконаленого методу сегментування зменшується на 2,75 %. Помилка II роду при використанні удосконаленого методу сегментування зменшується на 3,91 %. Таке зменшення стало можливим за рахунок застосування на першому етапі удосконаленого методу сегментування зображення урбанізованої місцевості мурашиного алгоритму. У порівнянні з алгоритмом Канні помилка I роду зменшилася на 8,9 %, а помилка II роду зменшилася на 11,0 %.

Методи сегментування зображень урбанізованої місцевості з космічних оптико-електронних систем спостереження можуть бути реалізовані у програмно-технічних комплексах обробки зображень.

Ключові слова: сегментування зображення, урбанізована місцевість, мурашиний алгоритм, алгоритм Хафа, космічна система.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273674

РОЗРОБКА УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗМАЩЕНОГО ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЙОГО ТИПОВОЇ ФОРМИ (с. 62–71)

С. В. Хламов, В. Є. Саваневич, В. П. Власенко, О. Б. Брюховецький, Т. О. Трунова, І. В. Левикін, В. О. Шведун, І. С. Табакова

Поява «змащених» цифрових зображень є наслідком порушення нерухомості камери під час зйомки об'єктів, що досліджуються. Для цього було розроблено методику узгодженої фільтрації змащеного цифрового зображення об'єкта з використанням його типової форми зображення на серії кадрів.

Дана методика заснована на автоматизованому формуванні типової форми цифрового зображення, а також на виборі спеціальних параметрів передавальної функції узгодженого фільтра. Адаптація методики саме під типову форму дозволяє виконати більш точну оцінку необхідних параметрів змащеного цифрового зображення у порівнянні з аналітично заданим профілем.

Формування типової форми дозволяє врахувати особливості самого формування змащеного зображення на кожному кадрі початкової серії. Базуючись на цьому, виконується більш точна оцінка початкового наближення параметрів усіх гаусіан зображення об'єкта. На практиці узгоджена фільтрація дозволяє виділяти змащені зображення об'єктів на тлі шуму підкладки. Також використання методики узгодженої фільтрації дозволяє покращити сегментацію зображень опорних об'єктів та скоротити кількість помилкових виявлень.

Розроблена методика узгодженої фільтрації змащеного цифрового зображення об'єктів з використанням його типової форми була апробована на практиці в рамках досліджень проекту CoLiTec. Вона була впроваджена в блоці внутрішньокадрової обробки програмного забезпечення Lemur для автоматизованого виявлення нових та супроводу відомих об'єктів. Завдяки використанню програмного

забезпечення Lemug та впровадженого в нього запропонованого обчислювального методу було успішно оброблено та ототожнено понад 700 000 вимірювань різних об'єктів, що досліджуються.

Ключові слова: обробка зображення, змашене зображення, узгоджений фільтр, передатна функція, МНК-оцінка параметрів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273492

РОЗРОБКА КЛАСИФІКАТОРА АУДІОКОМАНД НА ОСНОВІ МІКРОФОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (с. 72–81)

Shakir Mahmood Mahdi, Sabreen Ali Hussein, Hayder Mahmood Salman, Alyaa Hamel Sfayyih, Nasri Bin Sulaiman

Методи розпізнавання звукових команд є важливими для виконання інструкцій користувача, особливо для людей з обмеженими можливостями. Попередні дослідження не змогли дослідити та класифікувати оптимізацію продуктивності до дванадцяти категорій аудіокоманд. Ця робота розробляє класифікатор звукових команд на основі мікрофону з використанням згорткової нейронної мережі (ЗНМ) з оптимізацією продуктивності для класифікації дванадцяти класів, включаючи фоновий шум і невідомі слова. Методологія в основному включає підготовку вхідних аудіокоманд для навчання, виділення функцій і візуалізацію слухових спектрограм. Потім розробляється класифікатор на основі ЗНМ і оцінюється навчена архітектура. У роботі розглядається мінімізація затримки шляхом оптимізації фази обробки шляхом компіляції коду MATLAB у код C, якщо фаза обробки алгоритмічно досягає піку. Крім того, метод зменшує розмір кадру та збільшує частоту дискретизації, що також сприяє мінімізації затримки та максимізації продуктивності обробки вхідних аудіоданих. До вхідних даних остаточного повністю підключеного рівня додається невеликий викид, щоб зменшити ймовірність того, що мережа запам'ятає певні елементи навчальних даних. Було можливість розширення глибини мережі за допомогою згорткових ідентичних елементів, ReLu та шарів пакетної нормалізації для підвищення точності мережі. Прогрес навчання продемонстрував, як швидко зростає точність мережі, досягнувши приблизно 98,1 %, що пояснює здатність мережі перевищувати дані навчання. Ця робота є важливою для розпізнавання мовлення та мовців, таких як розумні будинки та розумні інвалідні візки, особливо для людей з обмеженими можливостями.

Ключові слова: аудіо, команди, спектрограма, класифікатор, глибоке навчання, ЗНМ, мережа, реальний час.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274501

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ МІЖКАНАЛЬНИХ ЗАВАД НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА БАЗІ СИГНАЛУ OFDM (с. 82–93)

A. O. Макаренко, Н. X. Касім, О. Л. Туровський, Н. В. Руденко, К. В. Полонський, О. І. Говорун

Досліджується процес формування міжканальної перехідної завади в структура сигналу, створеного на базі технології паралельної передачі даних і частотного розподілу з мультиплексуванням фазомодульованого сигналу – сигналу OFDM.

На основі проведеного аналізу структури сигналу OFDM; визначено, що зміна положення та параметрів піднесучої з складу даного OFDM-символу створюють міжканальну перехідну заваду.

Узагальнено та подано перелік параметрів сигналу OFDM, які можуть впливати на появу міжканальних завад та значення її кількісної величини. Розроблено та запропоновано модель оцінки впливу міжканальних завад на ефективність передачі сигналів в телекомунікаційних системах передачі даних на базі сигналу OFDM.

На основі математичного моделювання за допомогою вказаної моделі встановлено залежність кількісної оцінки величини міжканальної завади від величини захисного інтервалу для різних значень міжканальної величини при різній кількості преприйомів сигналу. Показано, що збільшення значення міжканальної величини до 96 підканалів дозволяє досягти міжканальної перехідної завади менше 3 відсотків при величині захисного інтервалу більше 2 мс вже при одному преприйомі. Це пояснюється тим, що збільшення міжканальної величини дозволяє зменшити величину захисного інтервалу та мінімізує вплив частотних спотворень піднесучої одного каналу.

Отримані в роботі дані та обґрунтовані на їх основі рекомендації підтверджують можливість запропонованої моделі щодо оцінки значення міжканальної перехідної завади та обґрунтування рекомендацій по зменшенню її впливу на ефективність передачі сигналів в телекомунікаційних системах передачі даних на базі сигналу OFDM.

Запропонована модель оцінки може знайти практичне застосування при удосконаленні існуючих та розробці нових телекомунікаційних систем передачі даних на основі технології OFDM.

Ключові слова: сигнал OFDM, піднесуча частота, міжканальна величина, міжканальна перехідна завада, захисний інтервал.