

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314808

GENERATION, EVALUATION AND COMPARISON OF DNA-BASED (PSEUDO) RANDOM SEQUENCES (p. 6–24)

Ivan Gorbenko

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
JSC “Institute of Information Technologies”, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4616-3449>

Yaroslav Derevianko

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
JSC “Institute of Information Technologies”, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3290-3373>

The object of this study is the methods and algorithms for computing, evaluating, and comparing DNA-based pseudorandom sequences (PRs) and random sequences (RSs). This paper addresses the task of extracting (P)RSs with the required stochastic and statistical properties from a DNA noise source, experimentally validating these properties in compliance with the requirements of current international standards, as well as evaluating and comparing the sequences obtained for different DNA samples. The results are the developed algorithms for generating DNA-based (P)RSs, improved algorithms for their comparison, and proposals for the process of evaluating their properties. For the output of implemented algorithms, more than 96 % of the bit streams of sequences successfully pass all statistical tests, and the entropy per bit for RSs is close to 1. A special feature of the developed generation algorithms is the use of validated conditioning component – block cipher in CTR mode – which explains the possibility of obtaining unique random data with required properties. The peculiarity of the proposed evaluation algorithm is the complexity of the tests and checks used: complete assessment of statistical properties and entropy values. Special features of the improved comparison algorithms are resource saving and the ability to evaluate much larger data sets. This is due to the use of structures and data types that are better in terms of memory usage and flexible cryptographic primitives with different modes.

The results could be practically applied to constructs where randomness is required: for computing the keys and system-wide parameters, when performing transformations as part of hash functions, while obtaining sequences of an arbitrary alphabet, in zero-knowledge protocols, etc.

Keywords: DNA, random sequences, randomness extractors, statistical testing, similarity evaluation, k-mers, MinHash.

References

- Goldreich, O. (2001). *Foundations of Cryptography*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511546891>
- Matthias, P., Werner, S. (2023). A Proposal for Functionality Classes for Random Number Generators. Version 2.36 – Current intermediate document for the AIS 20/31 workshop. Available at: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Certification/Interpretations/AIS_31_Functionality_classes_for_random_number_generators_e_2023.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Gorbenko, I., Derevianko, Y., Gorbenko, D. (2024). DNK – a source of noise and non-physical random sequences. The main principles of practical research. II International scientific and practical conference «Cyberwarfare: intelligence, defense and offensive security», 30–31. Available at: https://cyberwarfare.viti.edu.ua/assets/files/Cyberwarfare_2024.pdf
- Turan, M. S., Barker, E., Kelsey, J., McKay, K., Baish, M., Boyle, M. (2018). NIST SP 800-90B. Recommendation for the Entropy Sources Used for Random Bit Generation. NIST. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-90B>
- Rukhin, A., Soto, J., Nechvatal, J., Smid, M., Barker, E., Leigh, S. et al. (2010). NIST Special Publication 800-22 Revision 1a. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-22r1a.pdf>
- Extractors and Pseudorandom Generators (2001). *Journal of the ACM (JACM)*, 48 (4), 860–879. <https://doi.org/10.1145/502090.502099>
- Barman, P., Djilali, B., Benatmane, S., Nuh, A. (2024). A New Hybrid Cryptosystem Involving DNA, Rabin, One Time Pad and Fiestel. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4771411>
- Zhang, Y., Liu, X., Sun, M. (2017). DNA based random key generation and management for OTP encryption. *Biosystems*, 159, 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2017.07.002>
- Siddaramappa, V., Ramesh, K. B. (2020). True Random Number Generation Based on DNA molecule Genetic Information (DNA-TRNG). *Cryptology ePrint Archive*, Paper 2020/745. Available at: <https://eprint.iacr.org/2020/745.pdf>
- Li, Z., Peng, C., Tan, W., Li, L. (2020). A Novel Chaos-Based Image Encryption Scheme by Using Randomly DNA Encode and Plaintext Related Permutation. *Applied Sciences*, 10 (21), 7469. <https://doi.org/10.3390/app10217469>
- Sievers, F., Higgins, D. G. (2017). Clustal Omega for making accurate alignments of many protein sequences. *Protein Science*, 27 (1), 135–145. <https://doi.org/10.1002/pro.3290>
- Tu, S.-L., Staheli, J. P., McClay, C., McLeod, K., Rose, T. M., Upton, C. (2018). Base-By-Base Version 3: New Comparative Tools for Large Virus Genomes. *Viruses*, 10 (11), 637. <https://doi.org/10.3390/v10110637>
- Beretta, S. (2019). Algorithms for Strings and Sequences: Pairwise Alignment. *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology*, 22–29. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.20317-8>
- Needleman, S. B., Wunsch, C. D. (1970). A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *Journal of Molecular Biology*, 48 (3), 443–453. [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(70\)90057-4](https://doi.org/10.1016/0022-2836(70)90057-4)
- Shanker, K. P. S., Austin, J., Sherly, E. (2010). An Algorithm for alignment-free sequence comparison using Logical Match. 2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), 536–538. <https://doi.org/10.1109/iccae.2010.5452072>
- Wilkinson, S. (2022). Fast K-Mer Counting and Clustering for Biological Sequence Analysis. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/kmer/kmer.pdf>

17. Ondov, B. D., Treangen, T. J., Melsted, P., Mallonee, A. B., Bergman, N. H., Koren, S., Phillippy, A. M. (2016). Mash: fast genome and metagenome distance estimation using MinHash. *Genome Biology*, 17 (1). <https://doi.org/10.1186/s13059-016-0997-x>
18. Broder, A. Z. (1997). On the resemblance and containment of documents. *Proceedings. Compression and Complexity of SEQUENCES 1997 (Cat. No.97TB100171)*. <https://doi.org/10.1109/sequen.1997.666900>
19. Barker, E., Kelsey, J. (2015). NIST SP 800-90A Rev. 1. Recommendation for Random Number Generation Using Deterministic Random Bit Generators. NIST. <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-90Ar1>
20. Holubnychiy, D. Yu., Kandiy, S. O., Yesina, M. V., Gorbenko, D. Yu. (2024). Methods and means for analysing, evaluating and comparing properties of random sequences and random numbers. *Radiotekhnika*, 1 (216), 30–45. <https://doi.org/10.30837/rt.2024.1.216.02>
21. Müller, S. (2024). Linux /dev/random – A New Approach. Available at: <https://www.chronox.de/lrng/releases/v53/lrng-v53.pdf>
22. Index of /genbank. Available at: <https://ftp.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
23. DNA Data Bank of Japan. Available at: <https://www.ddbj.nig.ac.jp/index-e.html>
24. Contreras Rodríguez, L., Madarro-Capó, E. J., Legón-Pérez, C. M., Rojas, O., Sosa-Gómez, G. (2021). Selecting an Effective Entropy Estimator for Short Sequences of Bits and Bytes with Maximum Entropy. *Entropy*, 23 (5), 561. <https://doi.org/10.3390/e23050561>
25. Skorski, M. (2016). Improved Estimation of Collision Entropy in High and Low-Entropy Regimes and Applications to Anomaly Detection. *Cryptology ePrint Archive*, Paper 2016/1035. Available at: <https://eprint.iacr.org/2016/1035>
26. Quantis QRNG USB. Available at: <https://www.idquantique.com/random-number-generation/products/quantis-random-number-generator/>
27. Hardware RNG «Gryada-3». AT «IIT». Available at: <https://iit.com.ua/index.php?page=itemdetails&p=3>ype=1&type=1&id=96>
28. Chi-Square Goodness-of-Fit Test. NIST Engineering Statistics Handbook. Available at: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35f.htm>
29. Genome Assembly Workshop 2020. UC Davis Bioinformatics Core. Available at: https://ucdavis-bioinformatics-training.github.io/2020-Genome_Assembly_Workshop/kmers/kmers
30. Edgar, R. C. (2004). Local homology recognition and distance measures in linear time using compressed amino acid alphabets. *Nucleic Acids Research*, 32 (1), 380–385. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh180>
31. Kelsey, J. (2005). SHA-160: A Truncation Mode for SHA256 (and most other hashes). NIST. Available at: https://csrc.nist.gov/csrc/media/events/first-cryptographic-hash-workshop/documents/kelsey_truncation.pdf
32. Dang, Q. (2009). NIST Special Publication 800-107. Recommendation for Applications Using Approved Hash Algorithms. NIST. Available at: <https://csrc.nist.gov/library/NIST%20SP%20800-107%20Recommendation%20for%20Apps%20Using%20Approved%20Hash%20Algorithms,%202009-02.pdf>
33. Gorbenko, I. D., Alekseychuk, A. N., Kachko, Ye. G., Derevianko, Ya. A. (2024). Research into methods and algorithms for generating (pseudo) random sequences over an arbitrary alphabet. *Radiotekhnika*, 216, 7–29. <https://doi.org/10.30837/rt.2024.1.216.01>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.319058

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR AUTOMATIC CONTROL OF MONITORING MEANS FOR INFORMATION PROTECTION OBJECTS (p. 25–38)

Serhii Herasymov

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

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

Serhii Yevseiev

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

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

Stanislav Milevskiy

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5087-7036>

Nazar Balitskiy

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy,
Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3421-9839>

Viktor Zaika

State University of Information and Communication Technologies,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2394-4317>

Serhii Povaliaiev

Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9027-0132>

Sergii Golovashych

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

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2468-1952>

Oleksandr Huk

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0311-7162>

Anton Smirnov

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4121-3902>

Kostiantyn Rubel

State University of Information and Communication Technologies,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4773-1093>

For the modern stage of science and technology development, the problem of information protection from unauthorized access is becoming relevant. The object of research is the process of monitoring information protection objects for timely detection and securing of leakage channels. The subject of research is ensuring automatic control of monitoring means for information protection objects.

The article presents the results of the development of a method for automatic control of information protection object monitoring means by improving the control process, taking into account the peculiarities of the potential threats impact. The advantage of this study is the involvement of artificial intelligence in monitoring information protection objects in order to timely detect new threats to leakage channels. The essence of the method is to use a cybernetic approach to the development of adaptive control systems for moni-

toring information protection objects. The structure of the modeling method is considered, the procedure for assessing the adequacy and accuracy of determining the parameters of monitoring information protection objects. Proposals for implementing a method for controlling information protection object monitoring means based on associative control devices are substantiated. Schemes for implementing an associative control device for determining the parameters of an information protection object are presented, and the results of the practical implementation of the proposed method are also presented. A feature of the study are the developed associative control devices that provide the accumulation of knowledge in the process of learning about the threats of information leakage to the object of protection. The results of the study allow to improve the quality of detecting threats of information leakage to the object of protection and take into account possible changes in the characteristics of promising information leakage channels.

Keywords: information protection, automatic control of monitoring tools, monitoring of information protection objects.

References

1. Yevseiev, S., Hryshchuk, R., Molodetska, K., Nazarkevych, M., Hrytskyk, V., Milov, O. et al.; Yevseiev, S., Hryshchuk, R., Molodetska, K., Nazarkevych, M. (Eds.) (2022). Modeling of security systems for critical infrastructure facilities. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 196. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-57-2>
2. Balitskyi, N., Ivanyk, E., Bolkot, P., Ilkiv, I., Smychok, V., Vankevych, P. (2022). Adaptation of extreme planning methodology to optimize the functioning of training simulators for personnel of the army land divisions. *The scientific heritage*, 1 (83 (83)), 29–32. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.23.2020.79-85>
3. Shmatko, O., Herasymov, S., Lysetskyi, Y., Yevseiev, S., Sievierinov, O., Voitko, T. et al. (2023). Development of the automated decision-making system synthesis method in the management of information security channels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (126)), 39–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293511>
4. Koshevoy, N. D., Kostenko, E. M., Pavlyk, A. V., Koshevaya, I. I., Rozhnova, T. G. (2019). Research of multiple plans in multi-factor experiments with a minimum number of transitions of levels of factors. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2, 53–59. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2019-2-6>
5. Prabu, A. V., Kumar, G. S., Rajasoundaran, S., Malla, P. P., Routray, S., Mukherjee, A. (2021). Internet of things-based deeply proficient monitoring and protection system for crop field. *Expert Systems*, 39 (5). <https://doi.org/10.1111/exsy.12876>
6. Khudyntsev, M., Lebid, O., Bychenok, M., Zhylin, A., Davydiuk, A. (2023). Network Monitoring Index in the Information Security Management System of Critical Information Infrastructure Objects. *Information and Communication Technologies and Sustainable Development*, 270–290. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_17
7. Li, Z., Lin, Q., Wu, Y.-C., Ng, D. W. K., Nallanathan, A. (2024). Enhancing Physical Layer Security With RIS Under Multi-Antenna Eavesdroppers and Spatially Correlated Channel Uncertainties. *IEEE Transactions on Communications*, 72 (3), 1532–1547. <https://doi.org/10.1109/tcomm.2023.3333919>
8. Mizuno, T., Nishikawa, H., Kong, X., Tomiyama, H. (2023). Empirical analysis of power side-channel leakage of high-level synthesis designed AES circuits. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, 12 (3), 305. <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i3.pp305-319>
9. Sun, Q., Liu, X., Sun, Y., Wang, M., Han, X., Chen, X. (2021). A Security Wireless Monitoring and Automatic Protection System for CCEL. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021 (1). <https://doi.org/10.1155/2021/6652246>
10. Qiu, X., Yu, J., Zhuang, W., Li, G., Sun, X. (2023). Channel Prediction-Based Security Authentication for Artificial Intelligence of Things. *Sensors*, 23 (15), 6711. <https://doi.org/10.3390/s23156711>
11. Marumoto, K., Suzuki, N., Shibata, Y., Takeuchi, A., Takami, A., Yamakawa, A. et al. (2024). Comparison between a manual monitoring method based on active sampling and an automatic active monitoring method at urban and rural sites: Toward the accumulation of comparable data for effectiveness evaluation of the Minamata Convention. *Environmental Monitoring and Contaminants Research*, 4, 55–68. <https://doi.org/10.5985/emcr.20230015>
12. Culbreth, S., Graham, S. (2023). Demonstrating Redundancy Advantages of a Three-Channel Communication Protocol. *International Conference on Cyber Warfare and Security*, 18 (1), 513–522. <https://doi.org/10.34190/iccws.18.1.964>
13. Ramos Luna, J. P., Ibarra Villegas, F. J., Pérez Wences, C. (2024). Automatic method for collecting and monitoring fault codes in industrial processes guided by PLCs. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 7 (3), e361. <https://doi.org/10.37636/recit.v7n3e361>
14. Marabissi, D., Abrardo, A., Mucchi, L. (2023). A new framework for Physical Layer Security in HetNets based on Radio Resource Allocation and Reinforcement Learning. *Mobile Networks and Applications*, 28 (4), 1473–1481. <https://doi.org/10.1007/s11036-023-02149-z>
15. Diaz, Á., Kaschel, H. (2023). Scalable Electronic Health Record Management System Using a Dual-Channel Blockchain Hyperledger Fabric. *Systems*, 11 (7), 346. <https://doi.org/10.3390/systems11070346>
16. Wang, L., Zhang, X., Bai, C., Xie, H., Li, J., Ge, J. et al. (2024). Rapid automatic multiple moving objects detection method based on feature extraction from images with non-sidereal tracking. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 534 (1), 385–399. <https://doi.org/10.1093/mnras/stae2073>
17. Fedushko, S., Molodetska, K., Syerov, Y. (2023). Analytical method to improve the decision-making criteria approach in managing digital social channels. *Heliyon*, 9 (6), e16828. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16828>
18. Herasymov, S., Tkachov, A., Bazarnyi, S. (2024). Complex method of determining the location of social network agents in the interests of information operations. *Advanced Information Systems*, 8 (1), 31–36. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.1.04>
19. Wen, Y., Wang, M., Wang, G., Ariyachandra, M., Brilakis, I., Xiao, L. (2024). An Integrated Solution for Automatic 3D Object-based Information Retrieval. *Apollo - University of Cambridge Repository*. <https://doi.org/10.17863/CAM.107961>
20. Huang, R. (2024). Protection of Personal Information of Workers under Algorithmic Monitoring. *Communications in Humanities Research*, 33 (1), 198–204. <https://doi.org/10.54254/2753-7064/33/20240094>
21. Mookerjee, R., Samuel, J. (2023). Managing the security of information systems with partially observable vulnerability. *Production and Operations Management*, 32 (9), 2902–2920. <https://doi.org/10.1111/poms.14015>
22. Nguyen, T. B. D., Le, V. H., Tran, D. C. (2023). Safety Warnings for Technical Status of Port Structure by Automatic Monitoring

in Vietnam. Proceedings of the 4th International Conference on Sustainability in Civil Engineering, 665–672. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2345-8_68

23. Abba, S., Bizi, A. M., Lee, J.-A., Bakouri, S., Crespo, M. L. (2024). Real-time object detection, tracking, and monitoring framework for security surveillance systems. *Heliyon*, 10 (15), e34922. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34922>
24. Yevseiev, S., Kuznietsov, O., Herasimov, S., Horielyshev, S., Karlov, A., Kovalov, I. et al. (2021). Development of an optimization method for measuring the Doppler frequency of a packet taking into account the fluctuations of the initial phases of its radio pulses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (110)), 6–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229221>
25. 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. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-31-2>
26. Derevickiy, D. P., Fradkov, A. L. (1981). *Prikladnaya teoriya diskretnykh adaptivnykh sistem upravleniya*. Moscow: Nauka, 215.
27. Yevseiev, S., Milevskiy, S., Sokol, V., Yemanov, V., Volobueiv, A., Dakova, L. et al. (2024). Development of functionality principles for the automated data transmission system through wireless communication channels to ensure information protection. *Information and Controlling System*, 4 (9 (130)), 18–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310547>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318588

DEVELOPMENT OF SUPERPOSITION-BASED QUANTUM KEY DISTRIBUTION PROTOCOL IN DECENTRALIZED FULL MESH NETWORKS (p. 39–46)

Yenlik Begimbayeva

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Institute of Information and Computational Technologies, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4907-3345>

Olga Ussatova

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Institute of Information and Computational Technologies, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5276-6118>

Temirlan Zhaxalykov

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Kazakh-British Technical University, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6994-6377>

Amir Akhtanov

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Kazakh-British Technical University, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4596-3722>

Ruslan Pashkevich

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Kazakh-British Technical University, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4289-9560>

Mukaddas Arshidinova

Satbayev University, Almaty,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2695-6823>

The object of this research is the security of communication networks, particularly in decentralized, multi-user environments where robust data protection and integrity are critical. The issue under discussion is the rising vulnerability of conventional cryptography systems resulting from ever complex cyberattacks and the expected risks presented by quantum computing possibilities. The development of a QKD protocol employing quantum superposition to improve data security and resilience against both present and future quantum-based cyber-attacks is demonstrated by the achieved results of this work. Achieving scalability and autonomous eavesdropping detection, this protocol lets several communication nodes securely exchange randomly produced keys without centralized management. A quick analysis of the results reveals that main elements influencing the great durability, security, and adaptability of the protocol are quantum superposition and its distributed character. Without centralized authority, the characteristics of the obtained results – especially the use of optical components, detectors, and quantum sources in conjunction with classical communication channels – solve the problem of ensuring data confidentiality and integrity in a multi-user environment. This protocol's practical reach covers safe communication applications in both public and private sectors, therefore addressing situations calling for strong data protection against modern cyberattacks. Conditions for practical application include settings like government, financial, or health-related interactions when safe information flow is crucial. This QKD system offers a future-ready security solution for high-stakes environments and represents notable advancement toward protecting data from quantum and conventional attacks.

Keywords: quantum cryptography, quantum key distribution, quantum mechanics, qubit, decentralized protocols.

References

1. Global Data Breaches and Cyber Attacks in 2024 (2024). IT Governance. Available at: <https://www.itgovernance.co.uk/blog/global-data-breaches-and-cyber-attacks-in-2024>
2. Data generated per day, 2024. Exploding Topics. Available at: <https://explodingtopics.com/>
3. Rivest, R. L., Shamir, A., Adleman, L. (1978). A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*, 21 (2), 120–126. <https://doi.org/10.1145/359340.359342>
4. Shor, P. W. (1994). Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring. *Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, 124–134. <https://doi.org/10.1109/sfcs.1994.365700>
5. Algazy, K., Sakan, K., Khompys, A., Dyusenbayev, D. (2024). Development of a New Post-Quantum Digital Signature Algorithm: Syrga-1. *Computers*, 13 (1), 26. <https://doi.org/10.3390/computers13010026>
6. Wiesner, S. (1983). Conjugate coding. *ACM SIGACT News*, 15 (1), 78–88. <https://doi.org/10.1145/1008908.1008920>
7. Brassard, G. (2005). Brief history of quantum cryptography: a personal perspective. *IEEE Information Theory Workshop on Theory and Practice in Information-Theoretic Security*, 2005., 19–23. <https://doi.org/10.1109/itwtpi.2005.1543949>
8. Bennett, C. H., Brassard, G. (1984). An Update on Quantum Cryptography. *Advances in Cryptology*, 475–480. https://doi.org/10.1007/3-540-39568-7_39

9. Ekert, A. K. (1991). Quantum cryptography based on Bell's theorem. *Physical Review Letters*, 67 (6), 661–663. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.67.661>
10. Bennett, C. H., Brassard, G. (2014). Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing. *Theoretical Computer Science*, 560, 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2014.05.025>
11. Muller, A., Herzog, T., Huttner, B., Tittel, W., Zbinden, H., Gisin, N. (1997). "Plug and play" systems for quantum cryptography. *Applied Physics Letters*, 70 (7), 793–795. <https://doi.org/10.1063/1.118224>
12. Wang, J., Qin, X., Jiang, Y., Wang, X., Chen, L., Zhao, F. et al. (2016). Experimental demonstration of polarization encoding quantum key distribution system based on intrinsically stable polarization-modulated units. *Optics Express*, 24 (8), 8302. <https://doi.org/10.1364/oe.24.008302>
13. Mo, X.-F., Zhu, B., Han, Z.-F., Gui, Y.-Z., Guo, G.-C. (2005). Faraday-Michelson system for quantum cryptography. *Optics Letters*, 30 (19), 2632. <https://doi.org/10.1364/ol.30.002632>
14. Zhang, C.-H., Zhou, X.-Y., Ding, H.-J., Zhang, C.-M., Guo, G.-C., Wang, Q. (2018). Proof-of-Principle Demonstration of Passive Decoy-State Quantum Digital Signatures Over 200 km. *Physical Review Applied*, 10 (3). <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.10.034033>
15. Matsumoto, R. (2007). Multiparty quantum-key-distribution protocol without use of entanglement. *Physical Review A*, 76 (6). <https://doi.org/10.1103/physreva.76.062316>
16. Razavi, M. (2012). Multiple-Access Quantum Key Distribution Networks. *IEEE Transactions on Communications*, 60 (10), 3071–3079. <https://doi.org/10.1109/tcomm.2012.072612.110840>
17. Epping, M., Kampermann, H., Macchiavello, C., Bruß, D. (2017). Multi-partite entanglement can speed up quantum key distribution in networks. *New Journal of Physics*, 19 (9), 093012. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aa8487>
18. Yu, K.-F., Gu, J., Hwang, T., Gope, P. (2017). Multi-party semi-quantum key distribution-convertible multi-party semi-quantum secret sharing. *Quantum Information Processing*, 16 (8). <https://doi.org/10.1007/s11128-017-1631-x>
19. Pivoluska, M., Huber, M., Malik, M. (2018). Layered quantum key distribution. *Physical Review A*, 97 (3). <https://doi.org/10.1103/physreva.97.032312>
20. Li, L., Li, Z. (2019). A multi-party quantum key distribution protocol based on phase shift operation. *Laser Physics*, 29 (10), 105201. <https://doi.org/10.1088/1555-6611/ab3845>
21. Li, L., Li, Z. (2020). A verifiable multiparty quantum key agreement based on bivariate polynomial. *Information Sciences*, 521, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.02.057>
22. Ma, X., Wang, C., Li, Z., Zhu, H. (2021). Multi-Party Quantum Key Distribution Protocol with New Bell States Encoding Mode. *International Journal of Theoretical Physics*, 60 (4), 1328–1338. <https://doi.org/10.1007/s10773-021-04758-4>
23. Shan, R.-T., Chen, X., Yuan, K.-G. (2021). Multi-party blind quantum computation protocol with mutual authentication in network. *Science China Information Sciences*, 64 (6). <https://doi.org/10.1007/s11432-020-2977-x>
24. Doosti, M., Hanouz, L., Marin, A., Kashefi, E., Kaplan, M. (2024). Establishing Shared Secret Keys on Quantum Line Networks: Protocol and Security. *2024 International Conference on Quantum Communications, Networking, and Computing (QCNC)*, 176–183. <https://doi.org/10.1109/qcnc62729.2024.00035>
25. Begimbayeva, Y., Zhaxalykov, T., Makarov, M., Ussatova, O., Tynymbayev, S., Temirbekova, Zh. (2024). Development of a Hybrid Quantum Key Distribution Concept for Multi-User Networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15 (9). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2024.0150940>
26. Yevseiev, S., Pohasii, S., Milevskiy, S., Milov, O., Melenti, Y., Grod, I. et al. (2021). Development of a method for assessing the security of cyber-physical systems based on the Lotka-Volterra model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (113)), 30–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241638>
27. Yevseiev, S., Havrylova, A., Milevskiy, S., Sinityn, I., Chalapko, V., Dukin, H. et al. (2023). Development of an improved SSL/TLS protocol using post-quantum algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (123)), 33–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.281795>
28. Rasool, A. A., Abbas, N. M., Sheikhyounis, K. (2022). Determination of optimal size and location of static synchronous compensator for power system bus voltage improvement and loss reduction using whale optimization algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (8 (115)), 26–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251760>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310401

**DEVELOPMENT OF AN ENERGY-EFFICIENT
CCTV CAMERA SYSTEM FOR REAL-TIME HUMAN
DETECTION USING YOLOV8 MODEL (p. 47–59)**

Meghana Deshpande

Shri Jagdishprasad Jhabarmal Tibrewala University,
Rajasthan, India
Progressive Education Society's Modern College of Engineering,
Maharashtra, India

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6739-5682>

Alok Agarwal

Shri Jagdishprasad Jhabarmal Tibrewala University,
Rajasthan, India
Aravali College of Engineering and Management, Haryana, India

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3183-4983>

Rupali Kamathe

Shri Jagdishprasad Jhabarmal Tibrewala University,
Rajasthan, India
Progressive Education Society's Modern College of Engineering,
Maharashtra, India

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-5704>

Human recognition is widely used in variety of fields such as autonomous vehicles, surveillance field, automatons, assisting blind peoples and many more. Many machine learning (ML) and deep learning (DL) algorithms exist for video analysis the main motive of these algorithms is to find human in complicated image. The research presented in this paper focuses on the development of an energy-efficient, smart CCTV camera system for real-time human detection, utilizing the YOLOv8 (You Only Look Once) model. The problem addressed is the need for more advanced, autonomous surveillance systems capable of human detection under various background conditions, overcoming the limitations of traditional CCTV systems, which require constant manual monitoring. The proposed system was trained on the PASCAL VOC 2012 dataset and optimized through hyperparameter tuning, achieving high accuracy and real-time performance. Key results demonstrate that the YOLOv8 model,

implemented on the NVIDIA Jetson Nano platform, offers remarkable accuracy, precision, and energy efficiency. It consistently detects human figures in real-time, even in non-ideal conditions like poor lighting or complex backgrounds. This success can be attributed to YOLOv8's cross-stage partial network (CSPNet) architecture, which enhances its ability to process images quickly and accurately, ensuring it meets the demands of continuous surveillance. The distinguishing features of this system are its energy-efficient design and adaptability to diverse environmental conditions. These characteristics not only solve the challenge of real-time human detection but also make the system a robust and scalable solution for modern security and surveillance applications.

Keywords: human detection, CCTV, deep learning, YOLOv8, NVIDIA Jetson nano, CSPNet.

References

- Sreenu, G., Saleem Durai, M. A. (2019). Intelligent video surveillance: a review through deep learning techniques for crowd analysis. *Journal of Big Data*, 6 (1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0212-5>
- Dimou, A., Medentzidou, P., Garcia, F. A., Daras, P. (2016). Multi-target detection in CCTV footage for tracking applications using deep learning techniques. 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 928–932. <https://doi.org/10.1109/icip.2016.7532493>
- Amrutha, C. V., Jyotsna, C., Amudha, J. (2020). Deep Learning Approach for Suspicious Activity Detection from Surveillance Video. 2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA), 335–339. <https://doi.org/10.1109/icimia48430.2020.9074920>
- Ragedhaksha, Darshini, Shahil, Arunnehr, J. (2023). Deep learning-based real-world object detection and improved anomaly detection for surveillance videos. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2911–2916. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.064>
- Piza, E. L., Caplan, J. M., Kennedy, L. W. (2013). Analyzing the Influence of Micro-Level Factors on CCTV Camera Effect. *Journal of Quantitative Criminology*, 30 (2), 237–264. <https://doi.org/10.1007/s10940-013-9202-5>
- Sathyadevan, S., Balakrishnan, A. K., Arya, S., Athira Raghunath, S. (2014). Identifying moving bodies from CCTV videos using machine learning techniques. 2014 First International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC2014), 151–157. <https://doi.org/10.1109/cnsc.2014.6906721>
- Gelana, E., Yadav, A. (2018). Firearm Detection from Surveillance Cameras Using Image Processing and Machine Learning Techniques. *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences*, 25–34. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2414-7_3
- Anishchenko, L. (2018). Machine learning in video surveillance for fall detection. 2018 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), 99–102. <https://doi.org/10.1109/usbreit.2018.8384560>
- Bhatti, M. T., Khan, M. G., Aslam, M., Fiaz, M. J. (2021). Weapon Detection in Real-Time CCTV Videos Using Deep Learning. *IEEE Access*, 9, 34366–34382. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3059170>
- Lestari, D. P., Kosasih, R., Handhika, T., Murni, Sari, I., Fahrurrozi, A. (2019). Fire Hotspots Detection System on CCTV Videos Using You Only Look Once (YOLO) Method and Tiny YOLO Model for High Buildings Evacuation. 2019 2nd International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), 87–92. <https://doi.org/10.1109/ic2ie47452.2019.8940842>
- Pan, S.-H., Wang, S.-C. (2021). Identifying Vehicles Dynamically on Freeway CCTV Images through the YOLO Deep Learning Model. *Sensors and Materials*, 33 (5), 1517. <https://doi.org/10.18494/sam.2021.3236>
- Pillai, M. S., Chaudhary, G., Khari, M., Crespo, R. G. (2021). Real-time image enhancement for an automatic automobile accident detection through CCTV using deep learning. *Soft Computing*, 25 (18), 11929–11940. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05576-w>
- Rizk, M., Bayad, I. (2023). Human Detection in Thermal Images Using YOLOv8 for Search and Rescue Missions. 2023 Seventh International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME), 210–215. <https://doi.org/10.1109/icabme59496.2023.10293139>
- Shinde, S., Kothari, A., Gupta, V. (2018). YOLO based Human Action Recognition and Localization. *Procedia Computer Science*, 133, 831–838. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.112>
- Lu, J., Yan, W. Q., Nguyen, M. (2018). Human Behaviour Recognition Using Deep Learning. 2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 1–6. <https://doi.org/10.1109/avss.2018.8639413>
- Ghosh, S., Das, D. (2019). Comparative Analysis and Implementation of Different Human Detection Techniques. 2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), 443–447. <https://doi.org/10.1109/iciip47207.2019.8985977>
- Ivašić-Kos, M., Krišto, M., Pobar, M. (2019). Human Detection in Thermal Imaging Using YOLO. *Proceedings of the 2019 5th International Conference on Computer and Technology Applications*. <https://doi.org/10.1145/3323933.3324076>
- Ahmad, M., Ahmed, I., Adnan, A. (2019). Overhead View Person Detection Using YOLO. 2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), 0627–0633. <https://doi.org/10.1109/uemcon47517.2019.8992980>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: optimal speed and accuracy of object detection. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>
- Hassan, N. I., Tahir, N. Md., Zaman, F. H. K., Hashim, H. (2020). People Detection System Using YOLOv3 Algorithm. 2020 10th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE). <https://doi.org/10.1109/iccsce50387.2020.9204925>
- Linder, T., Pfeiffer, K. Y., Vaskevicius, N., Schirmer, R., Arras, K. O. (2020). Accurate detection and 3D localization of humans using a novel YOLO-based RGB-D fusion approach and synthetic training data. 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 1000–1006. <https://doi.org/10.1109/icra40945.2020.9196899>
- Baig, M. A., Pasha, M. A., Masud, S. (2020). An Optimized Hardware/Software Co-Design Framework for Real-Time Pedestrian Detection. 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), 1–6. <https://doi.org/10.1109/icecce49384.2020.9179465>
- Jin, F., Zhang, Z., Ning, Y., Lu, Y., Song, W., Qin, X., Chen, J. (2024). Crowd Counting and People Density Detection: An Overview. *Proceedings of the 2024 3rd International Conference on Engineering Management and Information Science (EMIS 2024)*, 434–454. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-447-1_46

24. ultralytics/yolov5. Available at: <https://github.com/ultralytics/yolov5>
25. Gündüz, M. Ş., Işık, G. (2023). A new YOLO-based method for real-time crowd detection from video and performance analysis of YOLO models. *Journal of Real-Time Image Processing*, 20 (1). <https://doi.org/10.1007/s11554-023-01276-w>
26. Redmon, J., Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, Faster, Stronger. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 6517–6525. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.690>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314845

ADVANCING REAL-TIME ECHOCARDIOGRAPHIC DIAGNOSIS WITH A HYBRID DEEP LEARNING MODEL (p. 60–70)

Aigerim Bolshibayeva

International IT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1191-4249>

Sabina Rakhmetulayeva

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4678-7964>

Baubek Ukibassov

Narxoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0439-0187>

Zhandos Zhanabekov

Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5984-7132>

This research focuses on developing a novel hybrid deep learning architecture designed for real-time analysis of ultrasound heart images. The object of the study is the diagnostic accuracy and efficiency in detecting heart pathologies such as atrial septal defect (ASD) and aortic stenosis (AS) from ultrasound data.

The problem is the insufficient accuracy and generalizability of existing models in real-time cardiac image analysis, which limits their practical clinical application. To solve this, the convolutional neural networks (CNNs), combining local feature extraction was integrated with global contextual understanding of cardiac structures. Additionally, a YOLOv7 for precise segmentation and detection was utilized.

The results demonstrate that the hybrid model achieves an overall diagnostic accuracy of 92 % for ASD detection and 90 % for AS detection, representing a 7 % improvement over the standard YOLOv7 model. These improvements are attributed to the hybrid architecture's ability to simultaneously capture fine-grained anatomical details and broader structural relationships, enhancing the detection of subtle cardiac anomalies.

The findings suggest that combination of CNNs enhances pattern recognition and contextual analysis, leading to better detection of cardiac anomalies. The key features contributing to solving the problem include the hybrid architecture's ability to capture detailed local features and broader structural context simultaneously.

In practical terms, the model can be applied in clinical settings that require real-time cardiac assessment using standard medical imaging equipment. Its computational efficiency and high accuracy make it suitable even in resource-constrained environments, reducing analysis time for clinicians, supporting personalized treatment plans, and potentially improving patient outcomes in cardiology.

Keywords: deep learning, machine learning, CNN, YOLOv7, SegFormer, transformer-based models.

References

1. Cardiovascular diseases (CVDs) (2021). World Health Organization. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
2. Nagueh, S. F., Smiseth, O. A., Appleton, C. P., Byrd, B. F., Dokainish, H., Edvardsen, T. et al. (2016). Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*, 17 (12), 1321–1360. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jew082>
3. Zhou, J., Du, M., Chang, S., Chen, Z. (2021). Artificial intelligence in echocardiography: detection, functional evaluation, and disease diagnosis. *Cardiovascular Ultrasound*, 19 (1). <https://doi.org/10.1186/s12947-021-00261-2>
4. Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciampi, F., Ghafoorian, M. et al. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
5. Shen, D., Wu, G., Suk, H.-I. (2017). Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 19 (1), 221–248. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>
6. Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., Liao, H.-Y. M. (2023). YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors. 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 7464–7475. <https://doi.org/10.1109/cvpr52729.2023.00721>
7. Ho, J., Jain, A., Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 6840–6851.
8. Zhang, J., Gajjala, S., Agrawal, P., Tison, G. H., Hallock, L. A., Bessink-Nelson, L. et al. (2018). Fully Automated Echocardiogram Interpretation in Clinical Practice. *Circulation*, 138 (16), 1623–1635. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.118.034338>
9. Ouyang, D., He, B., Ghorbani, A., Yuan, N., Ebinger, J., Langlotz, C. P. et al. (2020). Video-based AI for beat-to-beat assessment of cardiac function. *Nature*, 580 (7802), 252–256. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2145-8>
10. Leclerc, S., Smistad, E., Pedrosa, J., Ostvik, A., Cervenansky, F., Espinosa, F. et al. (2019). Deep Learning for Segmentation Using an Open Large-Scale Dataset in 2D Echocardiography. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 38 (9), 2198–2210. <https://doi.org/10.1109/tmi.2019.2900516>
11. Lang, R. M., Badano, L. P., Mor-Avi, V., Afilalo, J., Armstrong, A., Ernande, L. et al. (2015). Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 28 (1), 1-39.e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
12. Knackstedt, C., Bekkers, S. C. A. M., Schummers, G., Schreckenberg, M., Muraru, D., Badano, L. P. et al. (2015). Fully Automated Versus Standard Tracking of Left Ventricular Ejection Fraction and Longitudinal Strain. *Journal of the American College of Cardiology*, 66 (13), 1456–1466. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.07.052>
13. Madani, A., Arnaout, R., Mofrad, M., Arnaout, R. (2018). Fast and accurate view classification of echocardiograms using deep learning.

- Npj Digital Medicine, 1 (1). <https://doi.org/10.1038/s41746-017-0013-1>
14. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, 234–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
 15. Oktay, O., Schlemper, J., Folgoc, L. L., Lee, M., Heinrich, M., Misawa, K. et al. (2018). Attention U-Net: Learning where to look for the pancreas. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.03999>
 16. Wang, K., Wang, S., Xiong, M., Wang, C., Wang, H. (2021). Non-invasive Assessment of Hepatic Venous Pressure Gradient (HVPG) Based on MR Flow Imaging and Computational Fluid Dynamics. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2021*, 33–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87234-2_4
 17. Mudeng, V., Nisa, W., Sukmananda Suprpto, S. (2022). Computational image reconstruction for multi-frequency diffuse optical tomography. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34 (6), 3527–3538. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.12.015>
 18. Nurmaini, S., Sapitri, A. I., Tutuko, B., Rachmatullah, M. N., Rini, D. P., Darmawahyuni, A. et al. (2023). Automatic echocardiographic anomalies interpretation using a stacked residual-dense network model. *BMC Bioinformatics*, 24 (1). <https://doi.org/10.1186/s12859-023-05493-9>
 19. Iriani Sapitri, A., Nurmaini, S., Naufal Rachmatullah, M., Tutuko, B., Darmawahyuni, A., Firdaus, F. et al. (2023). Deep learning-based real time detection for cardiac objects with fetal ultrasound video. *Informatics in Medicine Unlocked*, 36, 101150. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.101150>
 20. Sutarno, S., Nurmaini, S., Partan, R. U., Sapitri, A. I., Tutuko, B., Naufal Rachmatullah, M. et al. (2022). FetalNet: Low-light fetal echocardiography enhancement and dense convolutional network classifier for improving heart defect prediction. *Informatics in Medicine Unlocked*, 35, 101136. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.101136>
 21. Saxena, A., Singh, S. P., Gaidhane, V. H. (2022). A deep learning approach for the detection of COVID-19 from chest X-ray images using convolutional neural networks. *Advances in Machine Learning & Artificial Intelligence*, 3 (2), 52–65. <https://doi.org/10.33140/amlai.03.02.01>
 22. Zhou, Q., Sun, Z., Wang, L., Kang, B., Zhang, S., Wu, X. (2023). Mixture lightweight transformer for scene understanding. *Computers and Electrical Engineering*, 108, 108698. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108698>
 23. Xie, E., Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J. M., Luo, P. (2021). SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.15203>
 24. Rakhmetulayeva, S. B., Bolshibayeva, A. K., Mukasheva, A. K., Uki-bassov, B. M., Zhanabekov, Zh. O., Diaz, D. (2023). Machine learning methods and algorithms for predicting congenital heart pathologies. *2023 IEEE 17th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. <https://doi.org/10.1109/aict59525.2023.10313184>
 25. Ukibassov, B. M., Rakhmetulayeva, S. B., Zhanabekov, Zh. O., Bolshibayeva, A. K., Yasar, A.-U.-H. (2024). Implementation of Anatomy Constrained Contrastive Learning for Heart Chamber Segmentation. *Procedia Computer Science*, 238, 536–543. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.057>
 26. Rakhmetulayeva, S., Syrymbet, Z. (2022). Implementation of convolutional neural network for predicting glaucoma from fundus images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 70–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269229>
 27. He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.90>
 28. Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z. et al. (2021). Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows. *2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 9992–10002. <https://doi.org/10.1109/iccv48922.2021.00986>
 29. Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39 (6), 1137–1149. <https://doi.org/10.1109/tpami.2016.2577031>
 30. L Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., Berg, A. C. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. *Computer Vision – ECCV 2016*, 21–37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
 31. Ba, J. L., Kiros, J. R., Hinton, G. E. (2016). Layer normalization. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.06450>
 32. Loshchilov, I., Hutter, F. (2019). Decoupled weight decay regularization. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1711.05101>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313983

DEVELOPING AN EARLY DETECTION MODEL FOR SKIN DISEASES USING A HYBRID DEEP NEURAL NETWORK TO ENHANCE HEALTH INDEPENDENCE IN COASTAL COMMUNITIES (p. 71–85)

Tengku Henny Febriana Harumy

Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan,
North Sumatera, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1504-5570>

Dewi Sartika Br Ginting

Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan,
North Sumatera, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9488-9928>

Fuzy Yustika Manik

Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan,
North Sumatera, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6942-458X>

Alkhowarizmi

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec.
Medan Tim., Medan City, North Sumatera, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4401-9999>

The object of study is a solution for early skin disease diagnosis by integrating hybrid deep neural networks – EfficientNetB7 for Classification and YOLOv8 for detection. The system is designed to classify five skin conditions: Melanoma, Basal Cell Carcinoma (BCC), melanoma is a type of skin cancer that originates from melanocytes, the cells that produce skin pigment, Melanocytic Nevi (NV) Melanocytic nevus is a mole or dark spot on the skin formed due to the accumulation of melanocytes, Benign Keratosis-like Lesions (BKL) is a term for a group of skin changes that resemble keratosis but are non-cancerous, and Seborrheic Keratoses and other benign tumors to enhance the health diag-

nostics. The problem to be solved in this study revolves around improving early and accurate skin disease diagnosis, particularly in resource-limited or underserved areas and the lack of Accessible Diagnostic Tools and Low Efficiency of Current Diagnostic Methods. The study highlights EfficientNetB7's classification accuracy at 94 % and YOLOv8's mean average precision (mAP) of 0.812 for detection. This hybrid system processes skin images efficiently, providing classification and detection outcomes with consistent performance in multiple tests. The results demonstrate that the EfficientNetB7 model achieved an accuracy of 94 % on test data, while YOLOv8 delivered a detection performance with a mean average precision (mAP) of 0.812. The web-based system efficiently processed skin images and provided classification and detection outcomes.

Furthermore, integrating EfficientNetB7 and YOLOv8 allowed the skin disease detection system to classify five different diseases and assess malignancy risk. The systems are portable and can be used with minimal setup, making them practical for real-world diagnostic use. The Scope and Practical applications are designed for accessibility in resource-limited settings. The website-based skin disease detection tool provides a user-friendly platform accessible to the public and healthcare providers, especially in underserved areas. Each application's high accuracy and ease of use make them viable aids in early diagnosis, potentially improving healthcare access.

Keywords: hybrid deep neural network (HDNN), EfficientNetB7, YOLOv8, skin diseases, coastal communities, health.

References

- Liopyris, K., Gregoriou, S., Dias, J., Stratigos, A. J. (2022). Artificial Intelligence in Dermatology: Challenges and Perspectives. *Dermatology and Therapy*, 12 (12), 2637–2651. <https://doi.org/10.1007/s13555-022-00833-8>
- He, Z., Marrone, G., Ou, A., Liu, H., Ma, L., Huang, Y. et al. (2020). Factors affecting health-related quality of life in patients with skin disease: cross-sectional results from 8,789 patients with 16 skin diseases. *Health and Quality of Life Outcomes*, 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01542-6>
- Prasitpuriprecha, N., Santaweek, S., Boonkert, P., Chamnan, P. (2022). Prevalence and DALYs of skin diseases in Ubonratchathani based on real-world national healthcare service data. *Scientific Reports*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20237-0>
- Paithankar, V., Uprit, I., Bairagi, A., Zoting, H., Katarnavare, A. (2023). Skin Disease Identification using Image Processing. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3 (2), 225–227. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-8687>
- Ramadan, R., Aly, S. (2022). CU-Net: A New Improved Multi-Input Color U-Net Model for Skin Lesion Semantic Segmentation. *IEEE Access*, 10, 15539–15564. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3148402>
- Abdelhafeez, A., Mohamed, H. K., Maher, A., Khalil, N. A. (2023). A novel approach toward skin cancer classification through fused deep features and neutrosophic environment. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1123581>
- Salma, W., Eltrass, A. S. (2022). Automated deep learning approach for classification of malignant melanoma and benign skin lesions. *Multimedia Tools and Applications*, 81 (22), 32643–32660. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13081-x>
- Gound, R. S., Gadre, P. S., Gaikwad, J. B., Wagh, P. K. (2018). Skin Disease Diagnosis System using Image Processing and Data Mining. *International Journal of Computer Applications*, 179 (16), 38–40. <https://doi.org/10.5120/ijca2018916253>
- Rao, T. K., Chamanthi, P., Kumar, N. T., Amulya, R. L., Sagar, M. U. (2023). Skin Disease Detection Using Machine Learning. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 11 (12). <https://doi.org/10.48047/ijfans/v11/i12/171>
- Nguyen, V. D., Bui, N. D., Do, H. K. (2022). Skin Lesion Classification on Imbalanced Data Using Deep Learning with Soft Attention. *Sensors*, 22 (19), 7530. <https://doi.org/10.3390/s22197530>
- Alshafi, Y. S., Kassem, M. A., Hosny, K. M. (2023). Skin-Net: a novel deep residual network for skin lesions classification using multilevel feature extraction and cross-channel correlation with detection of outlier. *Journal of Big Data*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00769-6>
- Hosseinzadeh, M., Hussain, D., Zeki Mahmood, F. M., Alenizi, F., Varzeghani, A. N., Asghari, P. et al. (2024). A model for skin cancer using combination of ensemble learning and deep learning. *PLOS ONE*, 19 (5), e0301275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301275>
- Sharma, A. K., Tiwari, S., Aggarwal, G., Goenka, N., Kumar, A., Chakrabarti, P. et al. (2022). Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer Using Cascaded Ensembling of Convolutional Neural Network and Handcrafted Features Based Deep Neural Network. *IEEE Access*, 10, 17920–17932. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3149824>
- Zhang, X., Wang, S., Liu, J., Tao, C. (2018). Towards improving diagnosis of skin diseases by combining deep neural network and human knowledge. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18 (S2). <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0631-9>
- Wan, L., Ai, Z., Chen, J., Jiang, Q., Chen, H., Li, Q. et al. (2022). Detection algorithm for pigmented skin disease based on classifier-level and feature-level fusion. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1034772>
- Foahom Gouabou, A. C., Colenne, J., Monnier, J., Iguernaissi, R., Damoiseaux, J.-L., Moudafi, A., Merad, D. (2022). Computer Aided Diagnosis of Melanoma Using Deep Neural Networks and Game Theory: Application on Dermoscopic Images of Skin Lesions. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (22), 13838. <https://doi.org/10.3390/ijms232213838>
- Tahir, M., Naeem, A., Malik, H., Tanveer, J., Naqvi, R. A., Lee, S.-W. (2023). DSCC_Net: Multi-Classification Deep Learning Models for Diagnosing of Skin Cancer Using Dermoscopic Images. *Cancers*, 15 (7), 2179. <https://doi.org/10.3390/cancers15072179>
- Efimenko, M., Ignatev, A., Koshechkin, K. (2020). Review of medical image recognition technologies to detect melanomas using neural networks. *BMC Bioinformatics*, 21 (S11). <https://doi.org/10.1186/s12859-020-03615-1>
- Lyakhov, P. A., Lyakhova, U. A., Nagornov, N. N. (2022). System for the Recognizing of Pigmented Skin Lesions with Fusion and Analysis of Heterogeneous Data Based on a Multimodal Neural Network. *Cancers*, 14 (7), 1819. <https://doi.org/10.3390/cancers14071819>
- Han, S. S., Moon, I. J., Lim, W., Suh, I. S., Lee, S. Y., Na, J.-I. et al. (2020). Keratinocytic Skin Cancer Detection on the Face Using Region-Based Convolutional Neural Network. *JAMA Dermatology*, 156 (1), 29. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2019.3807>
- Rasel, M. A., Obaidallah, U. H., Kareem, S. A. (2022). Convolutional Neural Network-Based Skin Lesion Classification With Variable

- Nonlinear Activation Functions. *IEEE Access*, 10, 83398–83414. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3196911>
22. Ding, J., Song, J., Li, J., Tang, J., Guo, F. (2022). Two-Stage Deep Neural Network via Ensemble Learning for Melanoma Classification. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.758495>
 23. Hoefler, T., Alistarh, D., Ben-Nun, T., Dryden, N., Peste, A. (2021). Sparsity in deep learning: Pruning and growth for efficient inference and training in neural networks. *Journal of Machine Learning Research*, 22. Available at: <https://jmlr.org/papers/volume22/21-0366/21-0366.pdf>
 24. Saleem Abdullah, S. M., Abdulazeez, A. M. (2021). Facial Expression Recognition Based on Deep Learning Convolution Neural Network: A Review. *Journal of Soft Computing and Data Mining*, 02 (01). <https://doi.org/10.30880/jscdm.2021.02.01.006>
 25. Bhanumathi, M., Dhanya, S., Gugan, R., Kirthika, K. G. (2022). Marine Plastic Detection Using Deep Learning. *Advances in Parallel Computing Algorithms, Tools and Paradigms*, 406–413. <https://doi.org/10.3233/apc220057>
 26. Harumy, T., Ginting, D. S. Br. (2021). Neural Network Enhancement Forecast of Dengue Fever Outbreaks in Coastal Region. *Journal of Physics: Conference Series*, 1898 (1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1898/1/012027>
 27. Ginting, D. S. B., Harumy, T. H. F., Nasution, F. A. F., Siregar, M. E. S. (2021). Analysis Skin Health Patterns in Highlands Area with Apriori and Bayes Contributions. 2021 International Conference on Data Science, Artificial Intelligence, and Business Analytics (DATABIA), 83–87. <https://doi.org/10.1109/databia53375.2021.9650158>
 28. Harumy, T. H. F., Chan, H. Y., Sodhy, G. C. (2020). Prediction for Dengue Fever in Indonesia Using Neural Network and Regression Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566 (1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012019>
 29. Harumy, T. H. F., Yustika Manik, F., Altaha (2021). Optimization Classification of Diseases Which is Dominant Suffered by Coastal Areas Using Neural Network. 2021 International Conference on Data Science, Artificial Intelligence, and Business Analytics (DATABIA), 136–141. <https://doi.org/10.1109/databia53375.2021.9650223>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318558

DEVISING A COMPUTER METHOD TO RECOGNIZE AND ANALYZE SPECTROMETRIC SIGNALS PARAMETERS (p. 86–96)

Sergiy Reva

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-9226>

Denys Tsyblyiyev

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4373-8773>

The object of this study is computerized systems for measuring the parameters of spectrometric signals digitized using special hardware. The task addressed in the research is to improve the process of filtering the usable pulse signal from noise and increase the accuracy of measuring pulse parameters by devising a new method of analysis. In order to verify the performance of the new method in comparison with several already known ones, input data arrays with predetermined parameters were prepared using computer simulation. A special algorithm was also developed to verify each detected pulse. As a

result, the main characteristics of the methods, such as signal recognition accuracy and data processing speed, were obtained for several scenarios with different durations of modeling process and different pulse generation intensities. Comparative performance metrics were provided for all described software analysis methods. Ultimately, in the studied scenarios, the devised method showed better recognition ability than the considered alternative methods.

The key features of the proposed method are the use of software filters built on the basis of the application of Fast Discrete Fourier Transform (FDFT) algorithms and further computer processing of the signal using a mechanism for correcting the amplitudes of superimposed pulses. This makes it possible to filter the signal from noise without significantly changing the usable component and to more accurately determine the amplitudes in case of their frequent superposition. In practice, the devised method could be used to improve existing and design new computer systems of spectral analysis.

Keywords: computer analysis of spectrometric signals, digital signal filtering, computer simulation, recognition algorithms, fast discrete Fourier transform.

References

1. Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley & Sons, 864.
2. Wolszczak, W., Dorenbos, P. (2018). Time-resolved gamma spectroscopy of single events. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 886, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2017.12.080>
3. Pollastrone, F., Cardarilli, G. C., Riva, M., Costa Pereira, R., Fernandes, A., Cruz, N. et al. (2019). A clustering algorithm for scintillator signals applied to neutron and gamma patterns identification. *Fusion Engineering and Design*, 146, 2110–2114. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2019.03.117>
4. Lopatin, M., Moskovitch, N., Trigano, T., Sepulcre, Y. (2012). Pileup attenuation for spectroscopic signals using a sparse reconstruction. 2012 IEEE 27th Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, 1–5. <https://doi.org/10.1109/eeei.2012.6377045>
5. Khilkevitch, E. M., Shevelev, A. E., Chugunov, I. N., Iliasova, M. V., Doinikov, D. N., Gin, D. B. et al. (2020). Advanced algorithms for signal processing scintillation gamma ray detectors at high counting rates. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 977, 164309. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164309>
6. Shevelev, A. E., Khilkevitch, E. M., Lashkul, S. I., Rozhdestvensky, V. V., Altukhov, A. B., Chugunov, I. N. et al. (2016). High performance gamma-ray spectrometer for runaway electron studies on the FT-2 tokamak. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 830, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.05.075>
7. Yoon, S., Lee, C., Won, B.-H., Hong, S.-B., Seo, H., Kim, H.-D. (2022). Fast neutron-gamma discrimination in organic scintillators via convolution neural network. *Journal of the Korean Physical Society*, 80 (5), 427–433. <https://doi.org/10.1007/s40042-022-00398-x>
8. Yoon, S., Lee, C., Seo, H., Kim, H.-D. (2023). Improved fast neutron detection using CNN-based pulse shape discrimination. *Nuclear Engineering and Technology*, 55 (11), 3925–3934. <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.07.007>

9. Law, A. M., Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill, 760.
10. Reva, S., Tsyblyiyev, D. (2023). Mathematical models and algorithms of computer modeling of spectrometric signals. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Mathematical Modeling. Information Technology. Automated Control Systems»*, 58, 64–74. Available at: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/23502>
11. Meyers, S. (2014). *Effective Modern C++: 42 Specific Ways to Improve Your Use of C++11 and C++14*. O'Reilly Media, Inc. Addison-Wesley, 320.
12. Drozdek, A. (2001). *Data Structures and Algorithms in C++*. Brooks/Cole, 650.
13. QT Framework Official Website. Available at: <https://www.qt.io/product/framework>
14. Wahab, M. F., Gritti, F., O'Haver, T. C. (2021). Discrete Fourier transform techniques for noise reduction and digital enhancement of analytical signals. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 143, 116354. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116354>
15. Bracewell, R. N. (2000). *The Fourier Transform and its Applications*. New Delhi: McGraw-Hill Education, 640.
16. Heideman, M. T., Johnson, D. H., Burrus, C. S. (1985). Gauss and the history of the fast Fourier transform. *Archive for History of Exact Sciences*, 34 (3), 265–277. <https://doi.org/10.1007/bf00348431>
17. Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Flannery, B. (2007). *Numerical recipes. The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press, 1256. Available at: <https://www.cambridge.org/us/universitypress/subjects/mathematics/numerical-recipes/numerical-recipes-art-scientific-computing-3rd-edition>
18. OMG Unified Modeling Language Specification. Version 2.5 (2015). Available at: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF>
19. Larman, C. (2004). *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*. Addison Wesley Professional, 736.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318551

DEVISING A METHOD FOR DETERMINING THE COORDINATES OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE VIA A NETWORK OF PORTABLE SPECTRUM ANALYZERS (p. 97–107)

Hennadii Khudov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

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

Oleksandr Makoveichuk

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

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

Oleksandr Kostyria

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3363-2015>

Ihor Butko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2859-0351>

Andrii Poliakov

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1805-9011>

Yaroslav Kozhushko

State Scientific Research Institute of Armament and Military
Equipment Testing and Certification, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4229-6757>

Serhii Yarovyii

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6138-5774>

Oleksii Serdiuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3600-0611>

Petro Mynko

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2621-8900>

Rostyslav Khudov

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

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

The object of this study is the process of determining the coordinates of unmanned aerial vehicles. The study hypothesis assumed that the use of a network of portable spectrum analyzers could make it possible to detect the signals of the on-board systems of an unmanned aerial vehicle and reduce the mean square error in determining its coordinates.

A method for determining the coordinates of an unmanned aerial vehicle using a network of portable spectrum analyzers has been improved, which, unlike known ones, allows for the following:

- using signals of on-board equipment of an unmanned aerial vehicle;
- using a network of portable spectrum analyzers;
- application of both the triangulation and the difference-ranging method for determining the coordinates of an unmanned aerial vehicle by a network of portable spectrum analyzers;
- carrying out spectral analysis of the signals of the on-board systems of the unmanned aerial vehicle (carried out additionally if necessary).

Experimental studies have shown the capabilities of a portable spectrum analyzer to receive signals and display their spectra and spectrograms.

The accuracy in determining the coordinates of an unmanned aerial vehicle by a network of portable spectrum analyzers was evaluated. It has been established:

- the use of a network of portable spectrum analyzers significantly reduces the root mean square error in measuring the coordinates of an unmanned aerial vehicle by approximately 50 % compared to the error of one portable spectrum analyzer;
- as the distance from the network elements of portable spectrum analyzers increases, the mean square error increases;
- the use of a network of portable spectrum analyzers reduces the root mean square error in determining the coordinates of an unmanned aerial vehicle by an average of 2.29–2.62 times compared to the radar P-19MA, depending on the range.

Keywords: unmanned aerial vehicle, network of portable spectrum analyzers, differential remote sensing method.

References

- Boussel, P. (2024). The Golden Age of Drones: Military UAV Strategic Issues and Tactical Developments. TrendsResearch Available at: https://trendsresearch.org/insight/the-golden-age-of-drones-military-uav-strategic-issues-and-tactical-developments/?srsltid=AfmBOoptC41niCzbAJGHOTcUhRGJp_WEW_y7hHLk_j_5hkabW_f1BS5sZ
- Erl, J. (2022). Sensing digital objects in the air: Ultraleap introduces new technology. MIXED. Available at: <https://mixed-news.com/en/sensing-digital-objects-in-the-air-ultraleap-introduces-new-technology>
- Sample, I. (2023). What do we know about the four flying objects shot down by the US? The Guardian. Available at: <https://www.com/world/2023/feb/13/what-do-we-know-about-the-four-flying-objects-shot-down-by-the-us>
- Carafano, J. J. (2022). Rapid advancements in military tech. GIS reports online. Available at: <https://www.gisreportsonline.com/t/military-technology>
- British intelligence: Russian radar destroyed in missile attack on Belbek in Crimea (2024). Mind. Available at: <https://mind.ua/en/news/20269399-british-intelligence-russian-radar-destroyed-in-missile-attack-on-belbek-in-crimea>
- Melvin, W. L., Scheer, J. A. (2013). Principles of modern radar. Volume II, Advanced techniques. Raleigh: SciTech Publishing, 872.
- Melvin, W. L., Scheer, J. A. (2014). Principles of modern radar. Volume III, Radar applications. Raleigh: SciTech Publishing, 821.
- Bezouwen, J., Brandfass, M. (2017). Technology Trends for Future Radar. Available at: <http://www.microwavejournal.com/articles/29367-technology-trends-for-future-radar>
- Lishchenko, V., Kalimulin, T., Khizhnyak, I., Khudov, H. (2018). The Method of the organization Coordinated Work for Air Surveillance in MIMO Radar. 2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), 1–4. <https://doi.org/10.1109/ukrmico43733.2018.9047560>
- Khudov, H., Lishchenko, V., Lanetskii, B., Lukianchuk, V., Stetsiv, S., Kravchenko I. (2020). The Coherent Signals Processing Method in the Multiradar System of the Same Type Two-coordinate Surveillance Radars with Mechanical Azimuthal Rotation. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (6), 2624–2630. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/66862020>
- Bhatta, A., Mishra, A. K. (2017). GSM-based commsense system to measure and estimate environmental changes. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 32 (2), 54–67. <https://doi.org/10.1109/maes.2017.150272>
- Neyt, X., Raout, J., Kubica, M., Kubica, V., Roques, S., Acheroy, M., Verly, J. G. (n.d.). Feasibility of STAP for Passive GSM-Based Radar. 2006 IEEE Conference on Radar, 546–551. <https://doi.org/10.1109/radar.2006.1631853>
- Willis, N. J., Nicholas, J. (2005). Bistatic Radar. Raleigh: SciTech Publishing, 329.
- Lishchenko, V., Khudov, H., Tiutiunnyk, V., Kuprii, V., Zots, E., Misiyuk, G. (2019). The Method of Increasing the Detection Range of Unmanned Aerial Vehicles In Multiradar Systems Based on Surveillance Radars. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 559–562. <https://doi.org/10.1109/elnano.2019.8783263>
- Ruban, I., Khudov, H., Lishchenko, V., Pukhovyi, O., Popov, S., Kolos, R. et al. (2020). Assessing the detection zones of radar stations with the additional use of radiation from external sources. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (9 (108)), 6–17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216118>
- Multilateration (MLAT) Concept of Use (2007). ICAO Asia and Pacific Office. Available at: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/mlat_concept.pdf
- Mantilla-Gaviria, I. A., Leonardi, M., Balbastre-Tejedor, J. V., de los Reyes, E. (2013). On the application of singular value decomposition and Tikhonov regularization to ill-posed problems in hyperbolic passive location. Mathematical and Computer Modelling, 57 (7-8), 1999–2008. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.03.004>
- Schau, H., Robinson, A. (1987). Passive source localization employing intersecting spherical surfaces from time-of-arrival differences. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 35 (8), 1223–1225. <https://doi.org/10.1109/tassp.1987.1165266>
- Khudov, H., Mynko, P., Ikhsanov, S., Diakonov, O., Kovalenko, O., Solomonenko, Y. et al. (2021). Development a method for determining the coordinates of air objects by radars with the additional use of multilateration technology. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (113)), 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242935>
- Oleksenko, O., Khudov, H., Petrenko, K., Horobets, Y., Kolianda, V., Kuchuk, N. et al. (2021). The Development of the Method of Radar Observation System Construction of the Airspace on the Basis of Genetic Algorithm. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 11 (8), 23–30. https://doi.org/10.46338/ijetae0821_04
- Ryu, H., Wee, I., Kim, T., Shim, D. H. (2020). Heterogeneous sensor fusion based omnidirectional object detection. 2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), 924–927. <https://doi.org/10.23919/iccas50221.2020.9268431>
- Salman, S., Mir, J., Farooq, M. T., Malik, A. N., Haleemdeen, R. (2021). Machine Learning Inspired Efficient Audio Drone Detection using Acoustic Features. 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST), 335–339. <https://doi.org/10.1109/ibcast51254.2021.9393232>
- SHAHED-136 Loitering munition / Kamikaze-Suicide drone – Iran (2024). Available at: https://www.armyrecognition.com/iran_unmanned_ground_aerial_vehicles_systems/shahed-136_loitering_munition_kamikaze-suicide_drone_iran_data.html
- Luo, D., Wen, G. (2024). Distributed Phased Multiple-Input Multiple-Output Radars for Early Warning: Observation Area Generation. Remote Sensing, 16 (16), 3052–3082. <https://doi.org/10.3390/rs16163052>
- Kalkan, Y. (2024). 20 Years of MIMO Radar. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 39 (3), 28–35. <https://doi.org/10.1109/maes.2023.3349228>
- Khudov, H., Trofymov, I., Repilo, I., Makoveichuk, O., Tkachenko, V., Kotov, D. et al. (2024). Devising a method for detecting an aerial object by radar with an additional channel of passive reception. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (131)), 28–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313161>
- Khudov, H., Kostianets, O., Kovalenko, O., Maslenko, O., Solomonenko, Y. (2023). Using Software-Defined radio receivers for determining the coordinates of low-visible aerial objects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (9 (124)), 61–73. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286466>

28. Chang, L. ZALA Lancet. Loitering munition. Available at: <https://www.militarytoday.com/aircraft/lancet.htm>
29. Weber, C., Peter, M., Felhauer, T. (2015). Automatic modulation classification technique for radio monitoring. *Electronics Letters*, 51 (10), 794–796. <https://doi.org/10.1049/el.2015.0610>
30. Barabash, O., Kyriyanov, A. (2023). Development of control laws of unmanned aerial vehicles for performing group flight at the straight-line horizontal flight stage. *Advanced Information Systems*, 7 (4), 13–20. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.02>
31. HackRF One Original (Great Scott Gadgets). Available at: <https://sdr.in.ua/product/hackrf-one-original-great-scott-gadgets/?srsltid=AfmBOooymKqjiCKPJPpb70a1HNkLNDqkDi6mCPe7p2n3iKTyaFmohxdL>
32. Greatscottgadgets/hackrf. Available at: <https://github.com/great-scottgadgets/hackrf>
33. TinySA ULTRA. Available at: <https://radioscan.com.ua/ua/p1905630806-tinysa-ultra-100kgs.html>
34. MMANA – programma dlia analiza kharakteristik antenn. Available at: <https://radiostorage.net/2701-mmmana-programma-dlya-analiza-kharakteristik-antenn.html>
35. P-19MA. Available at: <https://www.aerotechnica.ua/p-19ma.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318600

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MANAGING A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES USING A POPULATION ALGORITHM (p. 108–116)

Mohammed Jasim Abed Alkhafaji

Al Taff University College, Karbala, Republic of Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4405-0897>

Svitlana Kashkevich

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4448-3839>

Andrii Shyshatskyi

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Oleg Sova

National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

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>

Oleksiy Buyalo

Yevhenii Berezhnyak Military Academy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8848-864x>

Oleksandr Yula

State Scientific Research Institute Of Armament And Military Equipment Testing And Certification, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6309-6594>

Olena Shaposhnikova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-8205>

Olha Matsyi

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1350-9418>

Mykola Dvorskyi

Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7638-5611>

The object of the study is a group of unmanned aerial vehicles (UAVs). The subject of the study is the decision-making process in management tasks using:

- an improved brown bear algorithm (BBA), which achieves the determination of the optimal UAV movement route based on the given optimization criterion (the probability of completing the flight task), described by complex multimodal functions;
- evolving artificial neural networks for deep learning of the multi-agent system knowledge base, by training both the parameters and the architecture of artificial neural networks.

The originality of the method lies in using additional improved procedures that allow:

- the initial BBA population and their initial position on the search plane are determined considering the degree of uncertainty in the data on the UAV group movement route;
- the initial speed of each BBA is considered, enabling the prioritization of searches in the respective search plane (height, latitude, and longitude);
- the suitability of the UAV group's flight route for performing the flight task is determined, considering a set of external factors, thereby reducing the decision search time;
- the universality of BBA food search strategies allows classifying a set of conditions and factors affecting the completion of the flight task.

This aids in identifying the most feasible movement options for the UAV group based on the defined optimization criterion for movement route. Modeling the operation of the proposed method has shown that the increase in decision-making efficiency reaches 15–18 %. The enhancement in the method's efficiency is achieved through additional procedures and ensuring the reliability of the decisions at a level of 0.9.

Keywords: unmanned aerial vehicles, unimodal functions, multimodal functions, destabilizing factors, flight task.

References

1. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1 (5), 35–40.
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. <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. <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. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>

5. Zuiev, 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. <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. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/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. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
8. Shyshatskyi, A., Stasiuk, T., Odarushchenko, E., Berezanska, K., Demianenko, H. (2023). Method of assessing the state of hierarchical objects based on bio-inspired algorithms. *Advanced Information Systems*, 7 (3), 44–48. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.06>
9. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
10. 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. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
11. 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. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
12. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
13. 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. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
14. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
15. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Váncza, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
16. 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/W1, 59–63. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
17. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
18. Koval, M., Sova, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Garashchuk, N., Yivzhenko, Y., Luscschay, Y. et al. (2022). Improving the method for increasing the efficiency of decision-making based on bio-inspired algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (120)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268621>
19. Maccarone, A. D., Brzozad, J. N., Stone, H. M. (2008). Characteristics And Energetics Of Great Egret And Snowy Egret Foraging Flights. *Waterbirds*, 31 (4), 541–549. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.4.541>
20. Braik, M., Ryalat, M. H., Al-Zoubi, H. (2021). A novel meta-heuristic algorithm for solving numerical optimization problems: Ali Baba and the forty thieves. *Neural Computing and Applications*, 34 (1), 409–455. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06392-x>
21. Shyshatskyi, A. (Ed.) (2024). *Information and control systems: modelling and optimizations: collective monograph*. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, 180. <http://doi.org/10.15587/978-617-8360-04-7>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314808****ГЕНЕРАЦІЯ, ОЦІНКА І ПОРІВНЯННЯ (ПСЕВДО) ВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ДНК (с. 6–24)****І. Д. Горбенко, Я. А. Дерев'янюк**

Об'єктом дослідження є методи та алгоритми обчислення, оцінки та порівняння псевдовипадкових (ПВП) і випадкових (ВП) послідовностей на основі ДНК. В роботі вирішується проблема екстракції (П)ВП з необхідними стохастичними та статистичними властивостями з ДНК-джерела шуму, експериментального підтвердження цих властивостей згідно вимог діючих міжнародних стандартів, а також оцінювання та порівняння отриманих для різних зразків ДНК послідовностей. Результатами є розроблені алгоритми генерації (П)ВП на основі ДНК, покращені алгоритми їх порівняння, а також пропозиції щодо алгоритму оцінки їх властивостей. Для вихідних даних реалізованих алгоритмів більше 96 % (як рекомендовано NIST) бітових потоків послідовностей успішно проходять статистичне тестування, а показники ентропії на біт ВП близькі до 1. Особливістю розроблених алгоритмів генерації є використання перевіреного компонента покращення – блокового шифру у режимі CTR – чим пояснюється можливість отримання унікальних випадкових даних з потрібними властивостями. Особливістю запропонованого алгоритму оцінювання є комплексність використуваних тестів, а саме повна оцінка статистичних властивостей та показників ентропії. Особливостями покращених алгоритмів порівняння є забезпечення економії ресурсів та можливість оцінювання значно більших масивів даних. Це пояснюється застосуванням кращих за використанням пам'яті структур та типів даних і універсальних криптопримітивів із різними режимами.

Отримані результати можуть мати практичне застосування для генерації даних і оцінки їх відповідності для використання при обчисленні ключів та загальносистемних параметрів, виконанні перетворень у складі ґеш функцій, отриманні послідовностей довільного алфавіту, у протоколах з нульовим розголошенням, тощо.

Ключові слова: ДНК, випадкові послідовності, екстрактори випадковості, статистичне тестування, оцінка подібності, k-мери, MinHash.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.319058**РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАСОБАМИ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ (с. 25–38)****С. В. Герасимов, С. П. Євсєєв, С. В. Мілевський, Н. С. Баліцький, В. Ф. Зайка, С. І. Поваляєв, С. О. Головашич, О. М. Гук, А. О. Смірнов, К. В. Рубель**

Для сучасного етапу розвитку науки і техніки актуальності набуває проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу. Об'єктом дослідження є процес моніторингу об'єктів захисту інформації для своєчасного виявлення та закриття каналів витоку. Предметом дослідження є забезпечення автоматичного управління засобами моніторингу об'єктів захисту інформації.

У статті наводяться результати розробки методу автоматичного управління засобами моніторингу об'єктів захисту інформації за рахунок удосконалення процесу управління із урахуванням особливостей впливу потенційних загроз. Перевага даного дослідження полягає у залученні штучного інтелекту до моніторингу об'єктів захисту інформації з метою своєчасного виявлення нових загроз щодо каналів витоку. Суть методу полягає у використанні кібернетичного підходу до розробки адаптивних систем управління засобами моніторингу об'єктів захисту інформації. Розглядається структура методу моделювання, порядок оцінювання адекватності та точності визначення параметрів моніторингу об'єктів захисту інформації. Обґрунтовуються пропозиції щодо реалізації методу управління засобами моніторингу об'єктів захисту інформації на основі асоціативних управляючих пристроїв. Представлені схеми реалізації асоціативного управляючого пристрою визначення параметрів об'єкта захисту інформації, наводяться результати практичної реалізації запропонованого методу. Особливістю дослідження є розроблені асоціативні управляючі пристрої, які забезпечують накопичування знань в процесі навчання про загрози витоку інформації об'єкту захисту. Результати дослідження дозволяють підвищити якість виявлення загроз витоку інформації об'єкту захисту та врахувати можливі зміни щодо характеристик перспективних каналів витоку інформації.

Ключові слова: захист інформації, автоматичне управління засобами моніторингу, моніторинг об'єктів захисту інформації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318588**РОЗРОБКА ПРОТОКОЛУ КВАНТОВОГО РОЗПОДІЛУ КЛЮЧІВ НА ОСНОВІ СУПЕРПОЗИЦІЙ В ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ FULL MESH МЕРЕЖАХ (с. 39–46)****Yenlik Begimbayeva, Olga Ussatova, Temirlan Zhaxalykov, Amir Akhtanov, Ruslan Pashkevich, Mukaddas Arshidinova**

Об'єктом цього дослідження є безпека комунікаційних мереж, особливо в децентралізованих багатокористувачьких середовищах, де надійний захист і цілісність даних є критично важливими. Проблема, що обговорюється, полягає в зростаючій вразливості

звичайних криптографічних систем у результаті складних кібератак і очікуваних ризиків, пов'язаних з можливостями квантового обчислення. Розробка протоколу QKD із застосуванням квантової суперпозиції для покращення безпеки даних і стійкості проти поточних і майбутніх квантових кібератак продемонстрована результатами цієї роботи. Завдяки масштабованості та автономному виявленню підслуховування цей протокол дозволяє декільком комунікаційним вузлам безпечно обмінюватися випадково створеними ключами без централізованого керування. Швидкий аналіз результатів показує, що основними елементами, які впливають на високу довговічність, безпеку та адаптивність протоколу, є квантова суперпозиція та її розподілений характер. Без централізованого контролю характеристики отриманих результатів – особливо використання оптичних компонентів, детекторів і квантових джерел у поєднанні з класичними каналами зв'язку – вирішують проблему забезпечення конфіденційності та цілісності даних у багатокористувацькому середовищі. Практичне охоплення цього протоколу включає програми безпечного зв'язку як у державному, так і в приватному секторах, таким чином вирішуючи ситуації, що вимагають надійного захисту даних від сучасних кібератак. Умови для практичного застосування включають такі налаштування, як урядові, фінансові або пов'язані зі здоров'ям взаємодії, коли безпечний потік інформації має вирішальне значення. Ця система QKD пропонує перспективне рішення безпеки для середовищ із високими ставками та являє собою значний прогрес у захисті даних від квантових і звичайних атак.

Ключові слова: квантова криптографія, квантовий розподіл ключів, квантова механіка, кубіт, децентралізовані протоколи.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310401

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОКАМЕРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДЕЙ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛІ YOLOV8 (с. 47–59)

Meghana Deshpande, Alok Agarwal, Rupali Kamathe

Розпізнавання людей широко використовується в різних сферах, таких як автономні транспортні засоби, поле спостереження, автомати, допомога сліпим людям і багато іншого. Існує багато алгоритмів машинного навчання і глибокого навчання для аналізу відео, основним мотивом цих алгоритмів є пошук людини в складному зображенні. Дослідження, представлене в цій статті, зосереджено на розробці енергоефективної інтелектуальної системи камер відеоспостереження для виявлення людини в реальному часі з використанням моделі YOLOv8 (You Only Look Once). Проблема, яка розглядається, полягає в потребі в більш досконалих, автономних системах спостереження, здатних виявляти людей у різних фонових умовах, подолавши обмеження традиційних систем відеоспостереження, які вимагають постійного ручного моніторингу. Запропонована система була навчена на наборі даних PASCAL VOC 2012 і оптимізована за допомогою налаштування гіперпараметрів, досягаючи високої точності та продуктивності в реальному часі. Ключові результати демонструють, що модель YOLOv8, реалізована на платформі NVIDIA Jetson Nano, забезпечує надзвичайну точність, акуратність і енергоефективність. Вона постійно виявляє людські фігури в реальному часі, навіть у неідеальних умовах, як от погане освітлення чи складний фон. Цей успіх можна пояснити архітектурою міжступеневої часткової мережі YOLOv8 (CSPNet), яка покращує її здатність швидко й точно обробляти зображення, забезпечуючи відповідність вимогам безперервного спостереження. Відмінними рисами цієї системи є її енергоефективна конструкція та адаптованість до різноманітних умов навколишнього середовища. Ці характеристики не тільки вирішують проблему виявлення людей в реальному часі, але й роблять систему надійним і масштабованим рішенням для сучасних програм безпеки та спостереження.

Ключові слова: виявлення людей, відеоспостереження, глибоке навчання, YOLOv8, NVIDIA Jetson nano, CSPNet.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314845

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕХОКАРДІОГРАФІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ З ГІБРИДНОЮ МОДЕЛЛЮ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ (с. 60–70)

Bolshibayeva Aigerim, Sabina Rakhmetulayeva, Baubek Ukibassov, Zhandos Zhanabekov

Це дослідження зосереджено на розробці нової гібридної архітектури глибокого навчання, розробленої для аналізу ультразвукових зображень серця в реальному часі. Об'єктом дослідження є діагностична точність та ефективність виявлення таких патологій серця, як дефект міжпередсердної перегородки (ДМП) та стеноз аорти (СА) за даними УЗД.

Проблема полягає в недостатній точності та можливості узагальнення існуючих моделей для аналізу зображень серця в реальному часі, що обмежує їх практичне клінічне застосування. Щоб вирішити цю проблему, згорткові нейронні мережі (ЗНМ), що поєднують виділення локальних ознак, були інтегровані з глобальним контекстним розумінням структур серця. Крім того, використовувався YOLOv7 для точної сегментації та виявлення.

Результати демонструють, що гібридна модель досягає загальної діагностичної точності 92 % для виявлення ДМП і 90 % для виявлення СА, що на 7 % перевищує стандартну модель YOLOv7. Ці вдосконалення пов'язані зі здатністю гібридної архітектури одночасно охоплювати дрібні анатомічні деталі та ширші структурні зв'язки, покращуючи виявлення тонких серцевих аномалій.

Отримані дані свідчать про те, що поєднання ЗНМ покращує розпізнавання образів і контекстний аналіз, що призводить до кращого виявлення серцевих аномалій. Ключові особливості, які сприяють вирішенню проблеми, включають здатність гібридної архітектури охоплювати детальні локальні особливості та ширший структурний контекст одночасно.

На практиці модель може бути застосована в клінічних умовах, де потрібна оцінка серця в режимі реального часу за допомогою стандартного медичного обладнання для візуалізації. Його обчислювальна ефективність і висока точність роблять його придатним навіть у середовищах з обмеженими ресурсами, скорочуючи час аналізу для клініцистів, підтримуючи персоналізовані плани лікування та потенційно покращуючи результати пацієнтів у кардіології.

Ключові слова: глибоке навчання, машинне навчання, ЗНМ, YOLOv7, SegFormer, моделі на основі трансформера.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313983

РОЗРОБКА МОДЕЛІ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ШКІРИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІБРИДНОЇ ГЛИБОКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НЕЗАЛЕЖНОСТІ ЗДОРОВ'Я В ПРИБЕРЕЖНИХ ГРОМАДАХ (с. 71–85)

Tengku Henny Febriana Harumy Harumy, Dewi Sartika Br Ginting, Fuzy Yustika Manik, Alkhowarizmi

Об'єктом дослідження є рішення для ранньої діагностики захворювань шкіри шляхом інтеграції гібридних глибоких нейронних мереж – efficeNetB7 для класифікації та YOLOv8 для виявлення. Система призначена для класифікації п'яти шкірних станів: меланома, базальний клітинний рак, меланома – це тип раку шкіри, який походить від меланоцитів, клітини, які виробляють пігмент шкіри, Melanocytic Nevi (NV). Melanocytic Nevi – це мольне або темне місце на шкірі, що утворюється внаслідок накопичення меланоцитів, доброякісні кератозо-подібні ураження є терміном для групи змін шкіри, що нагадують кератоз, але є не раковими, а себорейні кератози та інші доброякісні пухлини використовують для підвищення діагностики здоров'я. Проблема, яку слід вирішити в цьому дослідженні, обертається навколо вдосконалення ранньої та точної діагностики захворювань шкіри, особливо в обмежених ресурсах або недооцінених областях та відсутності доступних діагностичних інструментів та низької ефективності поточних діагностичних методів. Дослідження підкреслює точність класифікації EfficeNetB7 на 94 %, а середня точність YOLOv8 – 0,812. Ця гібридна система ефективно обробляє зображення шкіри, забезпечуючи класифікацію та результати виявлення з послідовною продуктивністю в декількох тестах. Результати демонструють, що модель efficeNetB7 досягла точності 94 % на тестових даних, тоді як YOLOv8 забезпечив продуктивність виявлення із середньою середньою точністю (MAP) 0,812. Веб-система ефективно обробляла зображення шкіри та надала класифікацію та результати виявлення.

Крім того, інтеграція efficeNetB7 та YOLOv8 дозволила системі виявлення захворювань шкіри класифікувати п'ять різних захворювань та оцінити ризик злоякісності. Системи є портативними і можуть використовуватися з мінімальною установкою, що робить їх практичними для реального діагностичного використання. Обсяг та практичні програми розроблені для доступності у обмежених ресурсах налаштувань. Інструмент виявлення х захворювань шкіри на основі веб-сайтів забезпечує зручну для користувачів платформу, доступну для громадських та медичних працівників, особливо в районах з поганими ресурсами. Висока точність та простота використання кожної програми робить їх життєздатними посібниками в ранній діагностиці, що потенційно покращує доступ до охорони здоров'я.

Ключові слова: гібридна глибока нейронна мережа, EfficeNetB7, YOLOv8, захворювання шкіри, прибережні громади, здоров'я.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318558

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОГО МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ СИГНАЛІВ (с. 86–96)

С. М. Рева, Д. О. Циблиєв

Об'єктом дослідження є комп'ютеризовані системи для вимірювання параметрів спектрометричних сигналів, оцифрованих за допомогою спеціальних апаратних засобів. Проблема, що вирішувалася в рамках дослідження, – це вдосконалення процесу фільтрації корисного імпульсного сигналу від шуму та підвищення точності вимірювання параметрів імпульсів шляхом розробки нового методу аналізу. Для перевірки роботи розробленого методу у порівнянні із кількома вже відомими за допомогою комп'ютерного моделювання були підготовлені масиви вхідних числових даних із наперед визначеними параметрами. Також був розроблений спеціальний алгоритм верифікації кожного розпізнаного імпульсу. В результаті були отримані основні характеристики методів, такі як точність розпізнавання сигналів та швидкість обробки даних, для кількох сценаріїв з різною тривалістю процесу моделювання та різним рівнем завантаження. Наведено порівняльні метрики ефективності для всіх описаних методів програмного аналізу. В підсумку, серед досліджених сценаріїв розроблений метод показав кращу розпізнавальну здатність, ніж розглянуті альтернативні методи.

Особливостями запропонованого методу є використання програмних фільтрів, побудованих на основі застосування алгоритмів Fast Discrete Fourier Transform (FDFT) та подальша комп'ютерна обробка сигналу із використанням механізму корекції амплітуд імпульсів, що накладаються один на одного. Це дозволяє здійснювати фільтрацію сигналу від шуму без суттєвої зміни корисної складової і точніше визначати амплітуди імпульсів при їх частій суперпозиції. На практиці розроблений метод може бути використаний для вдосконалення існуючих та розробки нових комп'ютерних систем спектрального аналізу.

Ключові слова: комп'ютерний аналіз спектрометричних сигналів, цифрова фільтрація сигналів, комп'ютерне моделювання, алгоритми розпізнавання, швидке дискретне перетворення Фур'є.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318551**РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ МЕРЕЖЕЮ ПОРТАТИВНИХ СПЕКТРОАНАЛІЗАТОРІВ (с. 97–107)****Г. В. Худов, О. М. Маковейчук, О. О. Костира, І. М. Бутко, А. О. Поляков, Я. М. Кожушко, С. В. Яровий, О. В. Сердюк, П. Є. Минко, Р. Г. Худов**

Об'єктом дослідження є процес визначення координат безпілотних літальних апаратів. Основна гіпотеза дослідження полягала в тому, що використання мережі портативних спектроаналізаторів дозволить виявити сигнали бортових систем безпілотного літального апарату та зменшити середньоквадратичну помилку визначення його координат.

Удосконалено метод визначення координат безпілотного літального апарату мережею портативних спектроаналізаторів, який, на відміну від відомих, передбачає:

- використання сигналів бортового обладнання безпілотного літального апарату;
- використання мережі портативних спектроаналізаторів;
- застосування, як триангуляційного, так і різницево-далекомірною методу визначення координат безпілотного літального апарату мережею портативних спектроаналізаторів;
- проведення спектрального аналізу сигналів бортових систем безпілотного літального апарату (проводиться додатково за необхідністю).

Експериментальні дослідження показали можливості портативного спектроаналізатора приймати сигнали та відображати їх спектри та спектрограми.

Проведено оцінювання точності визначення координат безпілотного літального апарату мережею портативних спектроаналізаторів. Встановлено, що:

- використання мережі портативних спектроаналізаторів суттєво зменшує середньоквадратичні помилки вимірювання координат безпілотного літального апарату у порівнянні з помилкою одного портативного спектроаналізатора орієнтовно на 50 %;
- зі збільшенням відстані від елементів мережі портативних спектроаналізаторів середньоквадратична помилка збільшується;
- використання мережі портативних спектроаналізаторів зменшує середньоквадратичну помилку визначення координат безпілотного літального апарату в середньому в 2,29–2,62 разів в порівнянні з радаром П-19МА в залежності від дальності.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, мережа портативних спектроаналізаторів, різницево-далекомірний метод.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.318600**РОЗРОБКА МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПУЛЯЦІЙНОГО АЛГОРИТМУ (с. 108–116)****Mohammed Jasim Abed Alkhafaji, С. О. Кашкевич, А. В. Шишацький, О. Я. Сова, О. Л. Налапко, О. В. Буяло, О. В. Юла, О. П. Шапошнікова, О. Б. Маций, М. В. Дворський**

Об'єктом дослідження є група безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Предметом дослідження є процес прийняття рішення в завданнях управління за допомогою:

- удосконаленого алгоритму бурих ведмедів (АБВ) – чим досягається визначення оптимального по заданому критерію оптимізації (ймовірність виконання польотного завдання) маршруту руху БпЛА, що описуються складними мультимодальними функціями;
- штучних нейронних мереж, що еволюціонують – для глибокого навчання баз знань мультиагентної системи, за рахунок навчання як параметрів, так і архітектури штучних нейронних мереж.

Оригінальність методу полягає у використанні додаткових удосконалених процедур, які дозволяють:

- початкова популяція АБВ та їх вихідне положення на площині пошуку визначається з врахуванням ступеню невизначеності вихідних даних про маршрут руху групи БпЛА;
- враховується початкова швидкість кожного АБВ, чим досягається можливість визначити пріоритетність пошуку у відповідній площині пошуку (по висоті, широті та довготі);
- визначається придатність маршруту польоту групи БпЛА при виконанні польотного завдання з урахуванням сукупності зовнішніх факторів, чим зменшується час пошуку рішення;
- універсальність стратегій пошуку місць харчування АБВ, чим дозволяється класифікувати сукупність умов та факторів, які впливають на виконання польотного завдання. Це дозволяє визначити найбільш придатні варіанти руху групи БпЛА по визначеному критерію оптимізації маршруту руху.

Проведене моделювання роботи запропонованого методу показало підвищення оперативності прийняття рішень досягається на рівні 15–18 %. Підвищення оперативності роботи методу досягається за рахунок використання додаткових процедур та забезпечення достовірності прийнятих рішень на рівні 0.9.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, унімодальні функції, мультимодальні функції, дестабілізуючі фактори, польотне завдання.