

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263402

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE INTERRUPTION PROTECTION OF MULTI-ANTENNA SYSTEMS WITH SPECTRALLY EFFECTIVE SPECIAL PURPOSE SIGNALS UNDER THE INFLUENCE OF DESTABILIZING FACTORS (p. 6–14)**Oleg Sova**Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>**Andrii Shyshatskyi**Research Center for Trophy and Perspective Weapons and Military Equipment, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>**Viktor Ostapchuk**Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5686-0198>**Yurii Zhuravskiy**Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-9732>**Maksym Rohovets**Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1587-9017>**Ihor Borysov**Military Unit A1906, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2276-9913>**Viktor Bovsunovskiy**Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0207-5586>**Yuriy Artabaev**Research Center for Trophy and Perspective Weapons and Military Equipment, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9446-3011>**Oleksandr Trotsko**Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7535-5023>**Ihor Pylypchuk**Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5550-8026>

The object of research is multi-antenna systems with spectrally efficient special purpose signals. The problematic issue, the solution of which is devoted to this research, is the improvement of immunity to interference of multi-antenna systems with spectrally efficient special purpose signals. A technique for improving the immunity of multi-antenna

systems with spectrally efficient special-purpose signals under the influence of destabilizing factors has been developed. A distinctive feature of the proposed methodology is the use of an improved pre-coding procedure, evaluation of the channel state of multi-antenna radio communication systems with spectrally efficient signals by several indicators. The improved channel state estimation procedure consists in estimating channel bit error probability, channel state frequency response, and channel state impulse response. The formation of an estimate of the channel state for each of the assessment indicators takes place on a separate layer of the neural network using the apparatus of fuzzy sets, after which a generalized estimate is formed at the output of the neural network. The novelty of the proposed method also consists in the use of an improved procedure for forecasting the channel state of multi-antenna systems with spectrally efficient signals. The essence of the proposed procedure is the use of fuzzy cognitive models and an artificial neural network to predict the state of the channels of multi-antenna systems with spectrally efficient signals.

Based on the results of the research, it was established that the proposed method allows to increase the immunity of multi-antenna systems with spectrally efficient signals according to the 8×8 scheme and 64 subcarriers by 20–25 % compared to the known ones.

Keywords: radio communication devices, neural networks, fuzzy sets, computational complexity, frequency response.

References

- Slyusar, V. (2005). Sistemy MIMO: printsipy postroeniya i obrabotka signalov. Elektronika: Nauka, Tekhnologiya, Biznes, 8, 52–58. Available at: <https://www.electronics.ru/journal/article/974>
- Kuvshynov, O. V. (2009). Adaptivne upravlinnia zasobamy zavodzakhystu viyskovykh system radiozviazku. Zbirnyk naukovykh prats VIKNU, 17, 125–130.
- Dahiya, S., Singh, A. K. (2018). Channel estimation and channel tracking for correlated block-fading channels in massive MIMO systems. Digital Communications and Networks, 4 (2), 138–147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.07.006>
- Khan, I., Singh, D. (2018). Efficient compressive sensing based sparse channel estimation for 5G massive MIMO systems. AEU – International Journal of Electronics and Communications, 89, 181–190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aeu.2018.03.038>
- Vovchenko, V. V. (2015). Statystycheskaia otsenka poter v kanalakh sviazy standarta LTE y LTE-Advanced na baze tekhnolohyy MIMO. Systemy obrobky informatsiyi, 7 (132), 159–163.
- Mardoyan, G. R. (2015). Mimo channel estimation for pseudo-coherent communication systems. V Mire Nauchnykh Otkrytiy, 2 (62), 465–478. doi: <https://doi.org/10.12731/wsd-2015-2-27>
- Chiong, C. W. R., Rong, Y., Xiang, Y. (2016). Blind channel estimation and signal retrieving for MIMO relay systems. Digital Signal Processing, 52, 35–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2016.02.007>
- Wang, Y., Chen, K., Yu, J., Xiong, N., Leung, H., Zhou, H., Zhu, L. (2017). Dynamic propagation characteristics es-

- timation and tracking based on an EM-EKF algorithm in time-variant MIMO channel. *Information Sciences*, 408, 70–83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.04.035>
9. Kühn, V. (2006). *Wireless Communications over MIMO Channels. Applications to CDMA and Multiple Antenna Systems*. John Wiley Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/0470034602>
 10. Shaheen, E. M., Samir, M. (2013). Jamming Impact on the Performance of MIMO Space Time Block Coding Systems over Multi-path Fading Channel. *REV Journal on Electronics and Communications*, 3 (1-2). doi: <https://doi.org/10.21553/rev-jec.56>
 11. Zhou, X., Zhuge, Q., Qiu, M., Xiang, M., Zhang, F., Wu, B. et al. (2018). Bandwidth variable transceivers with artificial neural network-aided provisioning and capacity improvement capabilities in meshed optical networks with cascaded ROADM filtering. *Optics Communications*, 409, 23–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2017.09.021>
 12. Seyman, M. N., Taşpınar, N. (2013). Channel estimation based on neural network in space time block coded MIMO-OFDM system. *Digital Signal Processing*, 23 (1), 275–280. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2012.08.003>
 13. Reshamwala, N. S., Suratia, P. S., Shah, S. K. (2014). Artificial Neural Network trained by Genetic Algorithm for Smart MIMO Channel Estimation for Downlink LTE-Advance System. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 6 (3), 10–19. doi: <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2014.03.02>
 14. Kuvshynov, O. V. (2011). Alhorytmy kontroliu stanu kanalu zviazku v umovakh skladnoi radioelektronnoi obstanovky. *Systemy ozbroiennia i viyskova tekhnika*, 2 (26), 189–192. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2011_2_45
 15. Slyusar, V. I., Slyusar, I. I. (2003). Sovmestnoe otsenivanie neskol'kikh parametrov signalov v sistemakh svyazi s tsi-frovym diagrammoobrazovaniem. Sb. «Materialy 7-go yubiley-nogo mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma «Radioelektronika i molodezh' v XXI veke». Kharkiv, 128.
 16. Hranac, R. (2017). Broadband: Is MER Overrated? *Communications Technology*.
 17. Mahmoud, H. A., Arslan, H. (2009). Error vector magnitude to SNR conversion for nondata-aided receivers. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 8 (5), 2694–2704. doi: <https://doi.org/10.1109/twc.2009.080862>
 18. Shmatok, S. O., Podchashynskiy, Yu. O., Shmatok, O. S. (2007). Matematychni ta prohramni zasoby modeliuвання prystroiv i system upravlinnia. Vykorystannia nechitkykh mnozhyn ta neironnykh merezh. Zhytomyr: ZhDTU, 280.
 19. Andrews, J. G. (2005). Modulation, coding and signal processing for wireless communications - Interference cancellation for cellular systems: a contemporary overview. *IEEE Wireless Communications*, 12 (2), 19–29. doi: <https://doi.org/10.1109/mwc.2005.1421925>
 20. Goldsmith, A., Jafar, S. A., Jindal, N., Vishwanath, S. (2003). Capacity limits of MIMO channels. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 21 (5), 684–702. doi: <https://doi.org/10.1109/jsac.2003.810294>
 21. Kalantaievska, S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shyshatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S. et al. (2018). Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (95)), 60–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>
 22. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskyi, T. et al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
 23. Mahdi, Q. A., Shyshatskyi, A., Prokopenko, Y., Ivakhnenko, T., Kupriyenko, D., Golian, V. et al. (2021). Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 51–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>
 24. Gorokhovatsky, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 5–12. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
 25. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. (2020). Building Decision Support Systems based on Fuzzy Data. *Advanced Information Systems*, 4 (4), 48–56. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>
 26. Meleshko, Y., Driev, O., Drieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
 27. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
 28. Shyshatskyi, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., Lyashenko, A. (2020). Method of assessment of the efficiency of the communication of operational troop grouping system. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 107–112. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
 29. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
 30. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., Ugryn, D. (2017). Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
 31. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the secondorder adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
 32. Gorbenko, I., Ponomar, V. (2017). Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
 33. Lovska, A. A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 49–54. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_1/10%20Lovska.pdf
 34. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry.

Acta Polytechnica, 60 (6). doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263559

MODIFYING A METHOD FOR DIRECT DATA COLLECTION BY A TELECOMMUNICATION AERIAL PLATFORM FROM NODES OF WIRELESS SENSOR NETWORKS (p. 15–29)

Andrii Hrymud

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4012-5185>

Valery Romaniuk

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6218-2327>

Wireless sensor networks are becoming increasingly important in both the civilian and military fields. The object of this study is the process of collecting data by a telecommunication aerial platform from network nodes under conditions of their remoteness from the telecommunication infrastructure. Most available papers consider a solution to partial problems related to the process of data acquisition by a telecommunication aerial platform: clustering of the network, search for the shortest flight route, minimization of energy costs of nodes, etc. Therefore, an improved method of direct data collection by a telecommunication air platform is proposed, which consistently and comprehensively solves these problems. Unlike existing methods, it takes into consideration several objective functions (optimization of data collection time by a telecommunication air platform and a network functioning time), parameters of the state of nodes and clusters, as well as makes it possible to obtain solutions in real time. A special feature of the proposed method is the search for the optimal solution according to the hierarchy: network – cluster – node. At the network level, the following is optimized: the number of clusters of a certain dimensionality and the trajectory of the cluster flyby. At the cluster level, the points (intervals) of data collection during the freezing (in motion) of the telecommunication air platform and the trajectory of its flight within a cluster are determined. At the node level, its energy consumption is minimized by reducing the distance to the telecommunication aerial platform. The trajectory of the platform within a cluster is calculated according to the developed rule base. The rules implement the method of situational management. The conditions of application are the parameters of the state of the nodes, the solutions are the parameters of the trajectory of a telecommunication aerial platform, and the intervals of data acquisition. The rules take into consideration the priority of the objective functions, the state of the parameters of the cluster nodes, and the previously made basic decision on the trajectory of the flyby. The simulation results show that the application of the method reduces the time of data collection up to 15 % or increases the network functioning time to 17 %.

Keywords: wireless sensor networks, clustering, flight path, telecommunication aerial platform, data collection.

References

1. Popescu, Stoican, Stamatescu, Chenaru, Ichim (2019). A Survey of Collaborative UAV-WSN Systems for Efficient

- Monitoring. *Sensors*, 19 (21), 4690. doi: <https://doi.org/10.3390/s19214690>
2. Nguyen, M. T., Nguyen, C. V., Do, H. T., Hua, H. T., Tran, T. A., Nguyen, A. D. et. al. (2021). UAV-Assisted Data Collection in Wireless Sensor Networks: A Comprehensive Survey. *Electronics*, 10 (21), 2603. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics10212603>
3. Jawhar, I., Mohamed, N., Al-Jaroodi, J. (2015). UAV-based data communication in wireless sensor networks: Models and strategies. 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). doi: <https://doi.org/10.1109/icuas.2015.7152351>
4. Romaniuk, V., Lysenko, O., Romaniuk, A., Zhuk, O. (2020). Increasing the efficiency of data gathering in clustered wireless sensor networks using UAV. *Information and Telecommunication Sciences*, 1, 102–107. doi: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.102-107>
5. Alfattani, S., Jaafar, W., Yanikomeroğlu, H., Yongacoglu, A. (2019). Multi-UAV Data Collection Framework for Wireless Sensor Networks. 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM). doi: <https://doi.org/10.1109/globecom38437.2019.9014306>
6. Qi, N., Wang, W., Ye, D., Wang, M., Tsiftsis, T. A., Yao, R. (2021). Energy-efficient full-duplex UAV relaying networks: Trajectory design for channel-model-free scenarios. *ETRI Journal*, 43 (3), 436–446. doi: <https://doi.org/10.4218/etrij.2020-0060>
7. Ho, D.-T., Grotli, E. I., Sujit, P. B., Johansen, T. A., Sousa, J. B. (2013). Cluster-based communication topology selection and UAV path planning in wireless sensor networks. 2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). doi: <https://doi.org/10.1109/icuas.2013.6564674>
8. Romaniuk, A., Samberg, A. (2021). Direct data collection method by telecommunications aerial platforms from the wireless sensor network nodes. *Information and Telecommunication Sciences*, 1, 12–23. doi: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12021.12-23>
9. Jasim, A. A., Idris, M. Y. I., Razalli Bin Azzuhri, S., Issa, N. R., Rahman, M. T., Khyasudeen, M. F. b. (2021). Energy-Efficient Wireless Sensor Network with an Unequal Clustering Protocol Based on a Balanced Energy Method (EEUCB). *Sensors*, 21 (3), 784. doi: <https://doi.org/10.3390/s21030784>
10. Rashed, S., Soyuturk, M. (2017). Analyzing the Effects of UAV Mobility Patterns on Data Collection in Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 17(2), 413. doi: <https://doi.org/10.3390/s17020413>
11. Huang, W., Yu, J. X. (2017). Investigating TSP Heuristics for Location-Based Services. *Data Science and Engineering*, 2 (1), 71–93. doi: <https://doi.org/10.1007/s41019-016-0030-0>
12. Isaacs, J., Hespanha, J. (2013). Dubins Traveling Salesman Problem with Neighborhoods: A Graph-Based Approach. *Algorithms*, 6 (1), 84–99. doi: <https://doi.org/10.3390/a6010084>
13. Yue, W., Jiang, Z. (2018). Path Planning for UAV to Collect Sensors Data Based on Spiral Decomposition. *Procedia Computer Science*, 131, 873–879. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.291>
14. Chengliang, W., Jun-hui, Y. (2015). Path Planning for UAV to Collect Sensor Data in Large-Scale WSNs. *Transaction of Beijing Institute of Technology*, 35, 1044–1049.
15. Nitesh, K., Jana, P. K. (2019). Convex hull based trajectory design for mobile sink in wireless sensor networks. *Internation-*

- tional Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 30 (1), 26. doi: <https://doi.org/10.1504/ijahuc.2019.097092>
16. Jodeh, N. M., Cobb, R., Livermore, R. A. (2016). Optimal Flight Paths in Wireless Sensor Networks: Modeling, Simulation, and Flight Test. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2016-0383>
 17. Pan, Y., Yang, Y., Li, W. (2021). A Deep Learning Trained by Genetic Algorithm to Improve the Efficiency of Path Planning for Data Collection With Multi-UAV. IEEE Access, 9, 7994–8005. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3049892>
 18. Rezende, J. da C. V., Silva, R. I. da, Souza, M. J. F. (2020). Gathering Big Data in Wireless Sensor Networks by Drone. Sensors, 20 (23), 6954. doi: <https://doi.org/10.3390/s20236954>
 19. Ebrahimi, D., Sharafeddine, S., Ho, P.-H., Assi, C. (2019). UAV-Aided Projection-Based Compressive Data Gathering in Wireless Sensor Networks. IEEE Internet of Things Journal, 6 (2), 1893–1905. doi: <https://doi.org/10.1109/jiot.2018.2878834>
 20. Zhan, C., Zeng, Y., Zhang, R. (2018). Energy-Efficient Data Collection in UAV Enabled Wireless Sensor Network. IEEE Wireless Communications Letters, 7 (3), 328–331. doi: <https://doi.org/10.1109/lwc.2017.2776922>
 21. Nazib, R. A., Moh, S. (2021). Energy-Efficient and Fast Data Collection in UAV-Aided Wireless Sensor Networks for Hilly Terrains. IEEE Access, 9, 23168–23190. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3056701>
 22. Ho, D.-T., Grotli, E. I., Johansen, T. A. (2013). Heuristic algorithm and cooperative relay for energy efficient data collection with a UAV and WSN. 2013 International Conference on Computing, Management and Telecommunications (ComManTel). doi: <https://doi.org/10.1109/comman-tel.2013.6482418>
 23. Say, S., Inata, H., Liu, J., Shimamoto, S. (2016). Priority-Based Data Gathering Framework in UAV-Assisted Wireless Sensor Networks. IEEE Sensors Journal, 16 (14), 5785–5794. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2016.2568260>
 24. Anwit, R., Tomar, A., Jana, P. K. (2020). Scheme for tour planning of mobile sink in wireless sensor networks. IET Communications, 14 (3), 430–439. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-com.2019.0613>
 25. Pang, A., Chao, F., Zhou, H., Zhang, J. (2020). The Method of Data Collection Based on Multiple Mobile Nodes for Wireless Sensor Network. IEEE Access, 8, 14704–14713. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2966652>
 26. Ghdiri, O., Jaafar, W., Alfattani, S., Abderrazak, J. B., Yanikomeroğlu, H. (2021). Offline and Online UAV-Enabled Data Collection in Time-Constrained IoT Networks. IEEE Transactions on Green Communications and Networking, 5 (4), 1918–1933. doi: <https://doi.org/10.1109/tgcn.2021.3104801>
 27. Zagoruyko, N. G. (1999). Prikladnye metody analiza danykh i znaniy. Novosibirsk: IM SO RAN, 270.
 28. Rahman, S. ur, Cho, Y.-Z. (2018). UAV positioning for throughput maximization. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1038-0>
 29. Hrymud, A., Romaniuk, V. (2022). Flight trajectory search model of a telecommunications aerial platform for collecting data from nodes of a clustered military wireless sensor network. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen NUOU imeni Ivana Cherniakhovsko-

ho, 1 (74), 118–128. doi: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2022-1-74/118-128>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263387

**METHODS OF UAVS IMAGES SEGMENTATION
BASED ON K-MEANS AND A GENETIC
ALGORITHM (p. 30–40)**

Igor Ruban

Kharkiv National University
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4738-3286>

Hennadii Khudov

Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-2848>

Oleksandr Makoveichuk

Academician Yuriy Bugay International Scientific
and Technical University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4425-016X>

Vladyslav Khudov

Kharkiv National University
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9863-4743>

Temir Kalimulin

Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7636-7218>

Sergey Glukhov

Military Institute of Kyiv National
University Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4918-3739>

Pavlo Arkushenko

State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment Testing
and Certification, Chernihiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1902-696X>

Taras Kravets

Hetman Petro Sahaidachnyi National
Army Academy, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5398-7441>

Irina Khizhnyak

Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-7631>

Nazar Shamrai

Military Institute of Kyiv National
University Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8387-3277>

The object of this study is the process of segmentation of images from unmanned aerial vehicles. It was established that segmentation methods based on k-means and a genetic algorithm work qualitatively on images from space observation systems. It is proposed to use segmentation methods based on k-means and a genetic algorithm for segmenting images from unmanned aerial vehicles. The main stages of

image segmentation methods based on k -means and genetic algorithm have been determined.

An experimental study of segmentation of images from unmanned aerial vehicles was carried out. Unlike known ones, image segmentation by a k -means-based method that successfully works on images from space surveillance systems cannot be directly applied to image segmentation from unmanned aerial vehicles. Unlike known ones, image segmentation by a method based on a genetic algorithm that successfully works on images from space surveillance systems also cannot be directly applied to image segmentation from unmanned aerial vehicles.

The quality of segmentation of images from unmanned aerial vehicles by methods based on k -means and a genetic algorithm was assessed. It was established that:

– the average level of first-kind errors is 70 % and 51 % when segmenting an image from an unmanned aerial vehicle using methods based on k -means and a genetic algorithm, respectively;

– average level of second-kind errors is 61 % and 43 % when segmenting an image from an unmanned aerial vehicle using methods based on k -means and a genetic algorithm, respectively.

It was concluded that further research must be carried out to develop methods for segmenting images from unmanned aerial vehicles.

Keywords: unmanned aerial vehicle, image segmentation, experimental research, k -means, genetic algorithm.

References

1. Primatesta, S., Rizzo, A., la Cour-Harbo, A. (2019). Ground Risk Map for Unmanned Aircraft in Urban Environments. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 97 (3-4), 489–509. doi: <https://doi.org/10.1007/s10846-019-01015-z>
2. Wang, H., Cheng, H., Hao, H. (2020). The Use of Unmanned Aerial Vehicle in Military Operations. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 939–945. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6978-4_108
3. Drones Vs. Satellites for the Agri-Sector Use. Available at: <https://eos.com/blog/drones-vs-satellites/>
4. Ruwaimana, M., Satyanarayana, B., Otero, V., M. Muslim, A., Syafiq A., M., Ibrahim, S. et. al. (2018). The advantages of using drones over space-borne imagery in the mapping of mangrove forests. *PLOS ONE*, 13 (7), e0200288. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200288>
5. Military Imaging and Surveillance Technology (MIST) (Archived). Available at: <https://www.darpa.mil/program/military-imaging-and-surveillance-technology>
6. Ruban, I., Khudov, H. (2019). Swarm Methods of Image Segmentation. *Studies in Computational Intelligence*, 53–99. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35480-0_2
7. Llano, E. G., Roig, D. O., Cabrera, Y. C. (2018). Unsupervised Segmentation of Agricultural Crops in UAV RGB Images. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12 (4), 17–28.
8. Kinahan, J., Smeaton, A. F. (2021). Image Segmentation to Identify Safe Landing Zones for Unmanned Aerial Vehicles. *Proceedings of the 29th Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science AICS'2021*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.14557>
9. Pap, M., Kiraly, S., Moljak, S. (2019). Investigating the usability of uav obtained multispectral imagery in tree species segmentation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W18, 159–165. doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w18-159-2019>
10. Treboux, J., Genoud, D. (2018). Improved Machine Learning Methodology for High Precision Agriculture. 2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS). doi: <https://doi.org/10.1109/giots.2018.8534558>
11. Parsons, M., Bratanov, D., Gaston, K., Gonzalez, F. (2018). UAVs, Hyperspectral Remote Sensing, and Machine Learning Revolutionizing Reef Monitoring. *Sensors*, 18 (7), 2026. doi: <https://doi.org/10.3390/s18072026>
12. Lin, Z., Doyog, N. D., Huang, S.-F., Lin, C. (2021). Segmentation and Classification of UAV-based Orthophoto of Watermelon Field Using Support Vector Machine Technique. 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS. doi: <https://doi.org/10.1109/igarss47720.2021.9553715>
13. Miyamoto, H., Momose, A., Iwami, S. (2018). UAV image classification of a riverine landscape by using machine learning techniques. *Geophysical Research Abstracts*, 20. EGU2018-5919.
14. Son, J., Jung, I., Park, K., Han, B. (2015). Tracking-by-Segmentation with Online Gradient Boosting Decision Tree. 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). doi: <https://doi.org/10.1109/ICCV.2015.350>
15. Huang, L., Song, J., Yu, X., Fang, L. (2019). Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Image Segmentation Method by Combining Superpixels with multi-features Distance Measure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 234, 012022. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/234/1/012022>
16. Zimudzi, E., Sanders, I., Rollings, N., Omlin, C. (2018). Segmenting mangrove ecosystems drone images using SLIC superpixels. *Geocarto International*, 34 (14), 1648–1662. doi: <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1497093>
17. Xiang, S., Xu, J., Zhao, J., Li, Y., Zhang, S. (2015). A novel LBP-Mean shift segmentation algorithm for UAV remote sensing images based on LBP textural features and improved Mean shift algorithm. *Proceedings of the 3rd International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation*. doi: <https://doi.org/10.2991/icmra-15.2015.79>
18. Wang, H., Shen, Z., Zhang, Z., Xu, Z., Li, S., Jiao, S., Lei, Y. (2021). Improvement of Region-Merging Image Segmentation Accuracy Using Multiple Merging Criteria. *Remote Sensing*, 13 (14), 2782. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13142782>
19. Xiaohai, S., Yan, T., Han, F., Zhida, W., Xuewu, Z. (2020). Crop identification using UAV image segmentation. *Second Target Recognition and Artificial Intelligence Summit Forum*, 11427. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2552195>
20. Bhatnagar, S., Gill, L., Ghosh, B. (2020). Drone Image Segmentation Using Machine and Deep Learning for Mapping Raised Bog Vegetation Communities. *Remote Sensing*, 12 (16), 2602. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12162602>
21. Marcu, A., Licaret, V., Costea, D., Leordeanu, M. (2021). Semantics Through Time: Semi-supervised Segmentation of Aerial Videos with Iterative Label Propagation. *Lecture Notes in Computer Science*, 537–552. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69525-5_32
22. Khudov, H., Makoveichuk, O., Butko, I., Gyrenko, I., Stryhun, V., Bilous, O. et. al. (2022). Devising a method for segmenting camouflaged military equipment on images from space surveillance systems using a genetic algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (117)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259759>

23. Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Oleksenko, O., Khazhanets, Y., Solomonenko, Y. et. al. (2022). Devising a method for segmenting complex structured images acquired from space observation systems based on the particle swarm algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (116)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255203>
24. Khudov, H., Ruban, I., Makoveichuk, O., Pevtsov, H., Khudov, V., Khizhnyak, I. et. al. (2020). Development of methods for determining the contours of objects for a complex structured color image based on the ant colony optimization algorithm. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 34–47. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001108>
25. Ruban, I., Khudov, H., Makoveichuk, O., Khizhnyak, I., Lukova-Chuiko, N., Pevtsov, H. et. al. (2019). Method for determining elements of urban infrastructure objects based on the results from air monitoring. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (100)), 52–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174576>
26. De O. Bastos, L., Liatsis, P., Conci, A. (2008). Automatic texture segmentation based on k-means clustering and efficient calculation of co-occurrence features. 2008 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing. doi: <https://doi.org/10.1109/iwSSIP.2008.4604387>
27. Hung, C.-C., Song, E., Lan, Y. (2019). Image Texture, Texture Features, and Image Texture Classification and Segmentation. *Image Texture Analysis*, 3–14. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-13773-1_1
28. Tian, Y., Li, Y., Liu, D., Luo, R. (2016). FCM texture image segmentation method based on the local binary pattern. 2016 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA). doi: <https://doi.org/10.1109/wcica.2016.7578571>
29. Madushan, D. (2017). Introduction to K-means Clustering. Available at: <https://medium.com/@dilekamadushan/introduction-to-k-means-clustering-7c0ebc997e00>
30. Thrun, M. C. (2018). Approaches to Cluster Analysis. Projection-Based Clustering through Self-Organization and Swarm Intelligence, 21–31. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-658-20540-9_3
31. Morissette, L., Chartier, S. (2013). The k-means clustering technique: General considerations and implementation in Mathematica. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 9 (1), 15–24. doi: <https://doi.org/10.20982/tqmp.09.1.p015>
32. Pérez-Ortega, J., Nely Almanza-Ortega, N., Vega-Villalobos, A., Pazos-Rangel, R., Zavala-Díaz, C., Martínez-Rebollar, A. (2020). The K-Means Algorithm Evolution. *Introduction to Data Science and Machine Learning*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.85447>
33. Kumar, J. M., Nanda, R., Rath, R. K., Rao, G. T. (2020). Image Segmentation using K-means Clustering. *Journal of Advanced Science*, 29 (6s), 3700–3704. Available at: <http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/23282>
34. Anfyorov, M. A. (2019). Genetic clustering algorithm. *Russian Technological Journal*, 7 (6), 134–150. doi: <https://doi.org/10.32362/2500-316x-2019-7-6-134-150>
35. Oleksenko, O., Khudov, H., Petrenko, K., Horobets, Y., Kolianda, V., Solomonenko, Y. (2021). The Development of the Method of Radar Observation System Construction of the Airspace on the Basis of Genetic Algorithm. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (8), 23–30. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0821_04
36. Ukraina: Video. Available at: <https://t.me/+2ACsehbn8HI2M2Iy>
37. Beaubien, J. (2022). In the Russia-Ukraine war, drones are one of the most powerful weapons. Available at: <https://www.npr.org/2022/07/30/1114024870/russia-ukraine-war-drones>
38. Ruban, I., Khudov, V., Makoveichuk, O., Khudov, H., Khizhnyak, I. (2018). A Swarm Method for Segmentation of Images Obtained from On-Board Optoelectronic Surveillance Systems. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632045>
39. Khudov, G. V. (2003). Features of optimization of two-alternative decisions by joint search and detection of objects. *Problemy Upravleniya I Informatiki (Avtomatika)*, 5, 51–59. Available at: https://www.researchgate.net/publication/291431400_Features_of_optimization_of_two-alternative_decisions_by_joint_search_and_detection_of_objects
40. Khudov, H., Makoveichuk, O., Misiuk, D., Pevtsov, H., Khizhnyak, I., Solomonenko, Y. (2022). Devising a method for processing the image of a vehicle's license plate when shooting with a smartphone camera. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (115)), 6–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252310>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263185
DEVELOPING THREE DIMENSIONAL LOCALIZATION SYSTEM USING DEEP LEARNING AND PRE-TRAINED ARCHITECTURES FOR IEEE 802.11 WI-FI (p. 41–47)

Aseel Hamoud Hamza

University of Babylon, Babylon, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2124-2108>

Sabreen Ali Hussein

University of Babylon, Babylon, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4338-4078>

Ghassan Ahmad Ismaeel

University of Mosul, Mosul, Ninawa, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2366-6924>

Saad Qasim Abbas

Al-Turath University College, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8308-2918>

Musadak Maher Abdul Zahra

Al-Mustaqbal University College, Babylon, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5879-6991>

Ahmad H. Sabry

Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-5582>

The performance of Wi-Fi fingerprinting indoor localization systems (ILS) in indoor environments depends on the channel state information (CSI) that is usually restricted because of the fading effect of the multipath. Commonly referred to as the next positioning generation (NPG), the Wi-Fi™, IEEE 802.11az standard offers physical layer characteristics that allow positioning and enhanced ranging using conventional methods. Therefore, it is essential to create an indoor environment dataset of fingerprints of CIR based on 802.11az signals, and label all these fingerprints by their location data estimate STA locations based on a portion of

the dataset for fingerprints. This work develops a model for training a convolutional neural network (CNN) for positioning and localization through generating IEEE® 802.11 data. The study includes the use of a trained CNN to predict the position or location of several stations according to fingerprint data. This includes evaluating the performance of the CNN for multiple channel impulses responses (CIRs). Deep learning and Fingerprinting algorithms are employed in Wi-Fi positioning models to create a dataset through sampling the fingerprints channel at recognized positions in an environment. The model predicts the locations of a user according to a signal acknowledged of an unidentified position via a reference database. The work also discusses the influence of antenna array size and channel bandwidth on performance. It is shown that the increased training epochs and number of STAs improve the network performance. The results have been proven by a confusion matrix that summarizes and visualizes the undertaking classification technique. We use a limited dataset for simplicity and last in a short simulation time but a higher performance is achieved by training a larger data.

Keywords: 3D Localization, Wi-Fi, Deep Learning classification technique, confusion matrix, IEEE 802.11.

References

1. IEEE P802.11az/D1.0, February 2019: IEEE Draft Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) (2019). IEEE.
2. Boukerche, A. (Ed.) (2008). Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks. Wiley. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470396360>
3. Ketshebetswe, L. K., Zungeru, A. M., Mangwala, M., Chuma, J. M., Sigweni, B. (2019). Communication protocols for wireless sensor networks: A survey and comparison. *Helvion*, 5 (5), e01591. doi: <https://doi.org/10.1016/j.helivon.2019.e01591>
4. Kokkinis, A., Kanaris, L., Liotta, A., Stavrou, S. (2019). RSS Indoor Localization Based on a Single Access Point. *Sensors*, 19 (17), 3711. doi: <https://doi.org/10.3390/s19173711>
5. Wang, X., Gao, L., Mao, S., Pandey, S. (2016). CSI-based Fingerprinting for Indoor Localization: A Deep Learning Approach. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1–1. doi: <https://doi.org/10.1109/tvt.2016.2545523>
6. Pujiharsono, H., Utami, D., Ainul, R. D. (2020). Trilateration Method For Estimating Location in RSSI-Based Indoor Positioning System Using Zigbee Protocol. *JURNAL INFO-TEL*, 12 (1). doi: <https://doi.org/10.20895/infotel.v12i1.380>
7. Nguyen, C. L., Raza, U. (2019). LEMOn: Wireless Localization for IoT Employing a Location-Unaware Mobile Unit. *IEEE Access*, 7, 40488–40502. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2904731>
8. Zhang, X., Tepedelenioglu, C., Banavar, M., Spanias, A. (2016). Node Localization in Wireless Sensor Networks. *Synthesis Lectures on Communications*, 9 (1), 1–62. doi: <https://doi.org/10.2200/s00742ed1v01y201611com012>
9. Mohammed, A. B., Al-Mafriji, A. A. M., Yassen, M. S., Sabry, A. H. (2022). Developing plastic recycling classifier by deep learning and directed acyclic graph residual network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (116)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254285>
10. Hussein, Z. R. (2022). Improvement of noisy images filtered by bilateral process using a multi-scale context aggregation network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (116)), 14–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255789>
11. Liu, X., Zhou, B., Huang, P., Xue, W., Li, Q., Zhu, J., Qiu, L. (2021). Kalman Filter-Based Data Fusion of Wi-Fi RTT and PDR for Indoor Localization. *IEEE Sensors Journal*, 21 (6), 8479–8490. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2021.3050456>
12. Yu, Y., Chen, R., Liu, Z., Guo, G., Ye, F., Chen, L. (2020). Wi-Fi Fine Time Measurement: Data Analysis and Processing for Indoor Localisation. *Journal of Navigation*, 73 (5), 1106–1128. doi: <https://doi.org/10.1017/s0373463320000193>
13. Wang, Y., Li, M., Li, M. (2017). The statistical analysis of IEEE 802.11 wireless local area network-based received signal strength indicator in indoor location sensing systems. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13 (12), 155014771774785. doi: <https://doi.org/10.1177/1550147717747858>
14. Lim, H., Kung, L.-C., Hou, J. C., Luo, H. (2010). Zero-configuration indoor localization over IEEE 802.11 wireless infrastructure. *Wireless Networks*, 16 (2), 405–420. doi: <https://doi.org/10.1007/s11276-008-0140-3>
15. Hernández, N., Parra, I., Corrales, H., Izquierdo, R., Ballardini, A. L., Salinas, C., García, I. (2021). WiFiNet: WiFi-based indoor localisation using CNNs. *Expert Systems with Applications*, 177, 114906. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114906>
16. Chase, O. A., Teles, M. B., de Jesus dos Santos Rodrigues, M., de Almeida, J. F. S., Macêdo, W. N., da Costa Junior, C. T. (2018). A Low-Cost, Stand-Alone Sensory Platform for Monitoring Extreme Solar Overirradiance Events. *Sensors*, 18 (8), 2685. doi: <https://doi.org/10.3390/s18082685>
17. Wang, F., Feng, J., Zhao, Y., Zhang, X., Zhang, S., Han, J. (2019). Joint Activity Recognition and Indoor Localization With WiFi Fingerprints. *IEEE Access*, 7, 80058–80068. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2923743>
18. Tseng, P.-H., Chan, Y.-C., Lin, Y.-J., Lin, D.-B., Wu, N., Wang, T.-M. (2017). Ray-Tracing-Assisted Fingerprinting Based on Channel Impulse Response Measurement for Indoor Positioning. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 66 (5), 1032–1045. doi: <https://doi.org/10.1109/tim.2016.2622799>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263692

PRIVACY PROTECTION BASED DISTRIBUTED CLUSTERING WITH DEEP LEARNING ALGORITHM FOR DISTRIBUTED DATA MINING (p. 48–58)

Alaa Thamer Mahmood

Technical Instructors Training Institute, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0461-5662>

Raed Kamil Naser

Ministry of Defense, Iraq, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3070-3095>

Sura Khalil Abd

Dijlah University College, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9582-3725>

Distributed Data Mining (DDM) is vital in various applications for processing large volumes of data. The datasets are saved in the local databases and operated by local communities, but it provides the solution locally and globally. However, the datasets are stored in a distributed manner

which affects the scalability and reliability issues. In addition, locally stored data is influenced by security and privacy challenges. In addition, the third party may access the DDM, which causes authorization issues. Therefore, the DDM process fuses sensor data from different sources to improve knowledge discovery. During this process, the DDM faces several issues such as security concerns, privacy restrictions, technical barriers, and trust issues. To address these issues, distributed data mining (DDM) should be improved to handle homogeneous and heterogeneous data. This work uses the privacy protection-based distributed clustering (PPDC) algorithm to handle the privacy and security challenges while analyzing the distributed data. The clustering algorithm generates the semi-trusted third parties to form the cluster, which protects the data from unauthorized users. The semi-trusted party protect the locally analyzed solution by creating the random vector-based trusted process. Further, the process uses the optimized deep learning approach and clustering to improve the heterogeneous data analysis. Then the effectiveness of the introduced PPDC method is compared with existing methods, and the PPDC algorithm ensures the 0.202 error rate, 0.95 % of accuracy and manages the data security.

Keywords: deep learning, privacy protection, distributed clustering, distributed data mining.

References

- Omidipoor, M., Toomanian, A., Neysani Samany, N., Mansourian, A. (2020). Knowledge Discovery Web Service for Spatial Data Infrastructures. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10 (1), 12. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi10010012>
- Liu, X., Huang, Q., Gao, S., Xia, J. (2021). Activity knowledge discovery: Detecting collective and individual activities with digital footprints and open source geographic data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 85, 101551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101551>
- Qasem, M. H., Obeid, N., Hudaib, A., Almaiah, M. A., Al-Zahrani, A., Al-Khasawneh, A. (2021). Multi-Agent System Combined With Distributed Data Mining for Mutual Collaboration Classification. *IEEE Access*, 9, 70531–70547. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3074125>
- Mewada, S. (2021). Data Mining-Based Privacy Preservation Technique for Medical Dataset Over Horizontal Partitioned. *International Journal of E-Health and Medical Communications*, 12 (5), 50–66. doi: <https://doi.org/10.4018/ijehmc.20210901.0a4>
- Zhan, Z.-H., Shi, L., Tan, K. C., Zhang, J. (2021). A survey on evolutionary computation for complex continuous optimization. *Artificial Intelligence Review*, 55 (1), 59–110. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10042-y>
- Lee, J.-S., Jun, S.-P. (2021). Privacy-preserving data mining for open government data from heterogeneous sources. *Government Information Quarterly*, 38 (1), 101544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101544>
- Cunha, M., Mendes, R., Vilela, J. P. (2021). A survey of privacy-preserving mechanisms for heterogeneous data types. *Computer Science Review*, 41, 100403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100403>
- Du, G., Zhang, J., Li, S., Li, C. (2021). Learning from class-imbalance and heterogeneous data for 30-day hospital readmission. *Neurocomputing*, 420, 27–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.08.064>
- Soomro, T. A., Zheng, L., Afifi, A. J., Ali, A., Yin, M., Gao, J. (2021). Artificial intelligence (AI) for medical imaging to combat coronavirus disease (COVID-19): a detailed review with direction for future research. *Artificial Intelligence Review*, 55 (2), 1409–1439. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-021-09985-z>
- Alomari, E., Katib, I., Albeshri, A., Yigitcanlar, T., Mehmood, R. (2021). Iktishaf+: A Big Data Tool with Automatic Labeling for Road Traffic Social Sensing and Event Detection Using Distributed Machine Learning. *Sensors*, 21 (9), 2993. doi: <https://doi.org/10.3390/s21092993>
- Guo, Y., Zhao, R., Lai, S., Fan, L., Lei, X., Karagiannidis, G. K. (2022). Distributed Machine Learning for Multiuser Mobile Edge Computing Systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 16 (3), 460–473. doi: <https://doi.org/10.1109/jstsp.2022.3140660>
- Matsumoto, N., Hamakawa, Y., Tatsumura, K., Kudo, K. (2022). Distance-based clustering using QUBO formulations. *Scientific Reports*, 12 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06559-z>
- Sharma, K. K., Seal, A. (2021). Spectral embedded generalized mean based k-nearest neighbors clustering with S-distance. *Expert Systems with Applications*, 169, 114326. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114326>
- Kotsiopoulos, T., Sarigiannidis, P., Ioannidis, D., Tzovaras, D. (2021). Machine Learning and Deep Learning in smart manufacturing: The Smart Grid paradigm. *Computer Science Review*, 40, 100341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100341>
- Du, J., Jiang, C., Gelenbe, E., Xu, L., Li, J., Ren, Y. (2018). Distributed Data Privacy Preservation in IoT Applications. *IEEE Wireless Communications*, 25 (6), 68–76. doi: <https://doi.org/10.1109/mwc.2017.1800094>
- Chamikara, M. A. P., Bertok, P., Khalil, I., Liu, D., Camtepe, S. (2021). Privacy preserving distributed machine learning with federated learning. *Computer Communications*, 171, 112–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.02.014>
- Javid, T., Gupta, M. K., Gupta, A. (2022). A hybrid-security model for privacy-enhanced distributed data mining. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34 (6), 3602–3614. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.06.010>
- Xia, C., Hua, J., Tong, W., Zhong, S. (2020). Distributed K-Means clustering guaranteeing local differential privacy. *Computers & Security*, 90, 101699. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101699>
- Shewale, A., Keshavamurthy, B. N., Modi, C. N. (2018). An Efficient Approach for Privacy Preserving Distributed K-Means Clustering in Unsecured Environment. *Recent Findings in Intelligent Computing Techniques*, 425–431. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8639-7_44
- Xiong, J., Ren, J., Chen, L., Yao, Z., Lin, M., Wu, D., Niu, B. (2019). Enhancing Privacy and Availability for Data Clustering in Intelligent Electrical Service of IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, 6 (2), 1530–1540. doi: <https://doi.org/10.1109/jiot.2018.2842773>
- Chen, Y., Xie, H., Lv, K., Wei, S., Hu, C. (2019). DEPLEST: A blockchain-based privacy-preserving distributed database toward user behaviors in social networks. *Information Sciences*, 501, 100–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.05.092>
- Ni, L., Li, C., Wang, X., Jiang, H., Yu, J. (2018). DP-MCDBSCAN: Differential Privacy Preserving Multi-Core DBSCAN Clustering for Network User Data. *IEEE Access*, 6, 21053–21063. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2824798>
- Zhang, T., Zhu, Q. (2018). Distributed Privacy-Preserving Collaborative Intrusion Detection Systems for VANETs. *IEEE Transactions on Signal and Information Processing*

over Networks, 4 (1), 148–161. doi: <https://doi.org/10.1109/tsipn.2018.2801622>

24. MNIST Database of Handwritten Digits. Available at: <https://archive-beta.ics.uci.edu/ml/datasets/mnist+database+of+handwritten+digits>
25. Coverttype Data Set. Available at: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/coverttype>
26. Dataset for Sensorless Drive Diagnosis Data Set. Available at: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/dataset+for+sensorless+drive+diagnosis>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263695

IDENTIFYING OPTIMAL MESSAGE EMBEDDING LOCATION IN AUDIO STEGANOGRAPHY USING GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS (p. 59–68)

Muatamed Hajer

University of Sumer, Thi_Qar, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1303-5902>

Mohammed Anbar

Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-6408>

Audio steganography (AS) uses the auditory redundancy of the human ear to conceal the hidden message inside the audio track. In recent studies, deep learning-based steganalysis has swiftly revealed AS by extracting high-dimensional stego acoustic features for categorization. There is still an opportunity for improvement in the current audio steganography required for managing communication confidentiality, access control and data protection. The main objective of this research is to improving the data protection by identifying the data embedding location in the audio. Generative Adversarial Network-based Audio Steganography Framework (GAN-ASF) is presented in this study, and it can automatically learn to provide better cover audio for message embedding. The suggested framework's training architecture comprises a generator, a discriminator, and a steganalyzer learned using deep learning. The Least Significant Bit Matching (LSBM) message embedding technique encrypts the secret message into the steganographic cover audio, which is then forwarded to a trained steganalyzer for misinterpretation as cover audio. After performing the training, stenographic cover audio has been generated for encoding the secret message. Here, Markov model of co-frequency sub images to generate the best cover frequency sub-image to locate an image's hidden payload. Steganographic cover audio created by GAN-ASF has been tested and found to be of excellent quality for embedding messages. The suggested method's detection accuracy is lower than that of the most current state-of-the-art deep learning-based steganalysis. This payload placement approach has considerably increased stego locations' accuracy in low frequencies. The test results GAN-ASF achieves a performance ratio of 94.5 %, accuracy ratio of 96.2 %, an error rate of 15.7 %, SNR 24.3 %, and an efficiency ratio of 94.8 % compared to other methods.

Keywords: generative adversarial network, least significant bit matching, markov model, audio steganography, jpeg image.

References

1. Zhao, J., Wang, S. (2022). A stable GAN for image steganography with multi-order feature fusion. *Neural Computing and Applications*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07270-w>
2. Asimopoulos, D. C., Nitsiou, M., Lazaridis, L., Fragulis, G. F. (2022). Generative Adversarial Networks: a systematic review and applications. *SHS Web of Conferences*, 139, 03012. doi: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213903012>
3. Li, X., Yao, R., Lee, J. (2022). Research on Digital Steganography and Image Synthesis Model Based on Improved Wavelet Neural Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/7145387>
4. Najm, O. A., Nori, A. S. (2022). Steganography Method of the Bigger Size in WebP Image Using M2PAM Algorithm for Social Applications. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 13 (2), 595–610. Available at: <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/12359>
5. Xiang, L., Wang, R., Yang, Z., Liu, Y. (2022). Generative Linguistic Steganography: A Comprehensive Review. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 16 (3), 986–1005. doi: <https://doi.org/10.3837/tiis.2022.03.013>
6. Mallika, Ubhi, J. S., Aggarwal, A. K. (2022). Neural Style Transfer for image within images and conditional GANs for destylization. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 85, 103483. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2022.103483>
7. Qureshi, K. N., Kaiwartya, O., Jeon, G., Piccialli, F. (2022). Neurocomputing for internet of things: Object recognition and detection strategy. *Neurocomputing*, 485, 263–273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.04.140>
8. Phipps, A., Ouazzane, K., Vassilev, V. (2022). Securing Voice Communications Using Audio Steganography. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 14 (3), 1–18. doi: <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2022.03.01>
9. Wang, Y., Huang, L., Yee, A. L. (2022). Full-convolution Siamese network algorithm under deep learning used in tracking of facial video image in newborns. *The Journal of Supercomputing*, 78 (12), 14343–14361. doi: <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04439-x>
10. Bao, Z., Xue, R. (2021). Survey on deep learning applications in digital image security. *Optical Engineering*, 60 (12). doi: <https://doi.org/10.1117/1.oe.60.12.120901>
11. Zhang, D., Ma, M., Xia, L. (2022). A comprehensive review on GANs for time-series signals. *Neural Computing and Applications*, 34 (5), 3551–3571. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-022-06888-0>
12. Nguyen, T. D., Le, H. Q. (2022). A secure image steganography based on modified matrix encoding using the adaptive region selection technique. *Multimedia Tools and Applications*, 81 (18), 25251–25281. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12677-7>
13. Hemeida, F., Alexan, W., Mamdouh, S. (2021). A Comparative Study of Audio Steganography Schemes. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 10 (1), 555–562. doi: <https://doi.org/10.12785/ijcds/100153>
14. Chen, L., Wang, R., Yan, D., Wang, J. (2021). Learning to Generate Steganographic Cover for Audio Steganography Using GAN. *IEEE Access*, 9, 88098–88107. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3090445>
15. Rakshit, P., Ganguly, S., Pal, S., Le, D.-N. (2021). Securing Technique Using Pattern-Based LSB Audio Steganography and Intensity-Based Visual Cryptography. *Computers, Materials & Continua*, 67 (1), 1207–1224. doi: <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.014293>
16. Hameed, A. S. (2021). A High Secure Speech Transmission Using Audio Steganography and Duffing Oscillator.

- Wireless Personal Communications, 120 (1), 499–513. doi: <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08470-8>
17. Ying, K., Wang, R., Lin, Y., Yan, D. (2021). Adaptive Audio Steganography Based on Improved Syndrome-Trellis Codes. *IEEE Access*, 9, 11705–11715. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3050004>
 18. Abdulkadhim, H. A., Shehab, J. N. (2022). Audio steganography based on least significant bits algorithm with 4D grid multi-wing hyper-chaotic system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12 (1), 320. doi: <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i1.pp320-330>
 19. Ganwani, P., Gupta, L., Jain, C., Kulkarni, R., Chaudhari, S. (2021). LSB Based Audio Steganography using RSA and ChaCha20 Encryption. 2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). doi: <https://doi.org/10.1109/icccnt51525.2021.9580177>
 20. Mahmoud, M. M., Elshoush, H. T. (2022). Enhancing LSB Using Binary Message Size Encoding for High Capacity, Transparent and Secure Audio Steganography – An Innovative Approach. *IEEE Access*, 10, 29954–29971. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3155146>
 21. Osman, O. M., Kanona, M. E. A., Hassan, M. K., Elkhair, A. A. E., Mohamed, K. S. (2022). Hybrid multistage framework for data manipulation by combining cryptography and steganography. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11 (1), 327–335. doi: <https://doi.org/10.11591/eei.v11i1.3451>
 22. Yang, J., Yang, Z., Zhang, S., Tu, H., Huang, Y. (2022). SeSy: Linguistic Steganalysis Framework Integrating Semantic and Syntactic Features. *IEEE Signal Processing Letters*, 29, 31–35. doi: <https://doi.org/10.1109/lsp.2021.3122901>
 23. Dhawan, S., Gupta, R. (2020). Analysis of various data security techniques of steganography: A survey. *Information Security Journal: A Global Perspective*, 30 (2), 63–87. doi: <https://doi.org/10.1080/19393555.2020.1801911>
 24. Jeyalilly, M., Kannan, S., Muthukumaravel, A. (2020). New Innovative Secure Audio Stenography Using Frequency Hopped Spread Spectrum Techniques in Mobile Computing. *Computing. Malaya Journal of Matematik*, S (2), 4564–4568. Available at: <https://www.malayajournal.org/articles/MJM0S201177.pdf>
 25. Cui, J., Zhang, P., Li, S., Zheng, L., Bao, C., Xia, J., Li, X. (2021). Multitask Identity-Aware Image Steganography via Minimax Optimization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 8567–8579. doi: <https://doi.org/10.1109/tip.2021.3107999>
 26. Multiple Voip Steganography Datasets. Available at: <https://www.kaggle.com/datasets/wujunyan/amr-steg>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263644

HYBRID SELECTION FRAMEWORK FOR CLASS BALANCING APPROACHES BASED ON INTEGRATED CNN AND DECISION MAKING TECHNIQUES FOR LUNG CANCER DIAGNOSIS (p. 69–76)

Mustafa Mohammed Jassim

Iraqi Commission for Computers and Informatics (ICCI), Baghdad, Iraq
Al-Farahidi University, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3739-0343>

Mustafa Musa Jaber

Dijlah University College, Baghdad, Iraq
Universiti Tenaga Nasional, Selangor, Malaysia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5777-9428>

Lung cancer is the fastest-growing and most dangerous type of cancer worldwide. It ranks first among cancer diseases in the number of deaths, and diagnosing it at late stages makes treatment more difficult. Artificial intelligence has played an essential role in the medical field in general, and early diagnosis of diseases and analyzing medical images in particular, as it can reduce human errors that may occur with the medical expert in medical image analysis. In this study, a hybrid framework is proposed between deep learning using the proposed convolutional neural network and multi-criteria decision-making techniques in order to reach an effective and accurate classification model for lung cancer diagnosis and select the best methodology to solve the problem of class imbalance datasets, which is a general problem in medical data that causes problems and errors in prediction. The IQ-OTHNCCD dataset that has a class imbalance was used. Three class balancing techniques were used separately and the data from each one enters the proposed convolutional neural network for feature extraction and classification. Then the Fuzzy-Weighted Zero-Inconsistency algorithm and VIKOR were used to make the ranking for the best classification approach and determine the best technique to balance the classes. This contributed to increasing the efficiency of the classification, where the best model got an accuracy of 99.27 %, sensitivity of 99.33 %, specificity of 99 %, precision of 98.67 % and F1-score of 99 %. This study can be applied to any data that suffers from the class imbalance problem to find the best technique that gives the highest classification accuracy.

Keywords: lung cancer, deep learning, multi-criteria decision making (MCDM), class imbalance.

References

1. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71 (3), 209–249. doi: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Begum, S., Sarkar, R., Chakraborty, D., Maulik, U. (2020). Identification of Biomarker on Biological and Gene Expression data using Fuzzy Preference Based Rough Set. *Journal of Intelligent Systems*, 30 (1), 130–141. doi: <https://doi.org/10.1515/jisys-2019-0034>
3. Razzak, M. I., Naz, S., Zaib, A. (2017). Deep Learning for Medical Image Processing: Overview, Challenges and the Future. *Classification in BioApps*, 323–350. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-65981-7_12
4. Albahri, O. S., Albahri, A. S., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Alsalem, M. A., Mohsin, A. H. et al. (2019). Fault-Tolerant mHealth Framework in the Context of IoT-Based Real-Time Wearable Health Data Sensors. *IEEE Access*, 7, 50052–50080. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2910411>
5. Johnson, J. M., Khoshgoftaar, T. M. (2019). Survey on deep learning with class imbalance. *Journal of Big Data*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0192-5>
6. Jassim, M. M., Jaber, M. M. (2022). Systematic review for lung cancer detection and lung nodule classification: Taxonomy, challenges, and recommendation future works. *Journal of Intelligent Systems*, 31 (1), 944–964. doi: <https://doi.org/10.1515/jisys-2022-0062>
7. Hussein, S., Gillies, R., Cao, K., Song, Q., Bagci, U. (2017). TumorNet: Lung nodule characterization using multi-view Convolutional Neural Network with Gaussian Process.

- 2017 IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017). doi: <https://doi.org/10.1109/isbi.2017.7950686>
8. Apostolopoulos, I. D. (2020). Experimenting with Convolutional Neural Network architectures for the automatic characterization of Solitary Pulmonary Nodules' malignancy rating. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.06801>
 9. Lin, C.-H., Lin, C.-J., Li, Y.-C., Wang, S.-H. (2021). Using Generative Adversarial Networks and Parameter Optimization of Convolutional Neural Networks for Lung Tumor Classification. *Applied Sciences*, 11 (2), 480. doi: <https://doi.org/10.3390/app11020480>
 10. Al-Yasriy, H. F., AL-Husieny, M. S., Mohsen, F. Y., Khalil, E. A., Hassan, Z. S. (2020). Diagnosis of Lung Cancer Based on CT Scans Using CNN. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 928 (2), 022035. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/928/2/022035>
 11. Kareem, H. F., AL-Huseiny, M. S., Mohsen, F., Khalil, E., Hassan, Z. (2021). Evaluation of SVM performance in the detection of lung cancer in marked CT scan dataset. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 21 (3), 1731. doi: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i3.pp1731-1738>
 12. Li, J., Tao, Y., Cai, T. (2021). Predicting Lung Cancers Using Epidemiological Data: A Generative-Discriminative Framework. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8 (5), 1067–1078. doi: <https://doi.org/10.1109/jas.2021.1003910>
 13. Kaur, L., Sharma, M., Dharwal, R., Bakshi, A. (2018). Lung Cancer Detection Using CT Scan with Artificial Neural Network. 2018 International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE). doi: <https://doi.org/10.1109/icrieece44171.2018.9009244>
 14. Masood, A., Sheng, B., Li, P., Hou, X., Wei, X., Qin, J., Feng, D. (2018). Computer-Assisted Decision Support System in Pulmonary Cancer detection and stage classification on CT images. *Journal of Biomedical Informatics*, 79, 117–128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.01.005>
 15. Zheng, S., Shen, Z., Pei, C., Ding, W., Lin, H., Zheng, J. et. al. (2021). Interpretative computer-aided lung cancer diagnosis: From radiology analysis to malignancy evaluation. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 210, 106363. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106363>
 16. Bansal, G., Chamola, V., Narang, P., Kumar, S., Raman, S. (2020). Deep3DSCan: Deep residual network and morphological descriptor based framework for lung cancer classification and 3D segmentation. *IET Image Processing*, 14 (7), 1240–1247. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipt.2019.1164>
 17. Raschka, S., Patterson, J., Nolet, C. (2020). *Machine Learning in Python: Main Developments and Technology Trends in Data Science, Machine Learning, and Artificial Intelligence*. *Information*, 11 (4), 193. doi: <https://doi.org/10.3390/info11040193>
 18. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights into Imaging*, 9 (4), 611–629. doi: <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>
 19. Kingma, D. P., Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980>
 20. Hu, X., Huang, C., Feng, R., Zhou, L., Zheng, L. (2021). Blind image blurring by Gaussian filtering extreme channels prior. *Proceedings of the 2021 5th International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1145/3501409.3501510>
 21. Kovács, B., Tinya, F., Németh, C., Ódor, P. (2020). Unfolding the effects of different forestry treatments on microclimate in oak forests: results of a 4-yr experiment. *Ecological Applications*, 30 (2). doi: <https://doi.org/10.1002/eap.2043>
 22. Batista, G. E. A. P. A., Prati, R. C., Monard, M. C. (2004). A study of the behavior of several methods for balancing machine learning training data. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 6 (1), 20–29. doi: <https://doi.org/10.1145/1007730.1007735>
 23. Gao, J. (2020). Data Augmentation in Solving Data Imbalance Problems. Degree Project in Computer Science and Engineering. Stockholm. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1521110/FULLTEXT01.pdf>
 24. Jiao, Y., Du, P. (2016). Performance measures in evaluating machine learning based bioinformatics predictors for classifications. *Quantitative Biology*, 4 (4), 320–330. doi: <https://doi.org/10.1007/s40484-016-0081-2>
 25. Sayadi, M. K., Heydari, M., Shahanaghi, K. (2009). Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers. *Applied Mathematical Modelling*, 33 (5), 2257–2262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2008.06.002>
 26. AL-Huseiny, M. S., Sajit, A. S. (2021). Transfer learning with GoogLeNet for detection of lung cancer. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22 (2), 1078. doi: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i2.pp1078-1086>
 27. Mohite, A. (2021). Application of Transfer Learning Technique for Detection and Classification of Lung Cancer using CT Images. *International Journal of Scientific Research and Management*, 9 (11), 621–634. doi: <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v9i11.ec02>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263402

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ БАГАТОАНТЕННИХ СИСТЕМ ЗІ СПЕКТРАЛЬНО-ЕФЕКТИВНИМИ СИГНАЛАМИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ (с. 6–14)**О. Я. Сова, А. В. Шишацький, В. М. Остапчук, Ю. В. Журавський, М. А. Роговець, І. В. Борисов, В. Ю. Бовсуновський, Ю. З. Артабаєв, О. О. Троцько, І. Ю. Пилипчук**

Об'єктом дослідження є багатоантенні системи зі спектрально-ефективними сигналами спеціального призначення. Проблемним питанням, вирішенню якого присвячено дане дослідження, є підвищення заводозахищеності багатоантенних систем зі спектрально-ефективними сигналами спеціального призначення. Розроблено методику підвищення заводозахищеності багатоантенних систем зі спектрально-ефективними сигналами спеціального призначення в умовах впливу дестабілізуючих факторів. Відмінна особливість запропонованої методики полягає в використанні удосконаленої процедури попереднього кодування, оцінці стану каналу багатоантенних систем радіозв'язку зі спектрально-ефективними сигналами за декількома показниками. Удосконалена процедура оцінки стану каналу полягає в оцінці ймовірності бітової помилки каналу, частотної характеристики стану каналу та імпульсної характеристики стану каналу. Формування оцінки стану каналу по кожному з показників оцінки відбувається на окремому шарі нейронної мережі з використанням апарату нечітких множин, після чого на виході нейронної мережі формується узагальнена оцінка. Новизна запропонованої методики полягає також в використанні удосконаленої процедури прогнозування стану каналу багатоантенних систем зі спектрально-ефективними сигналами. Сутність запропонованої процедури полягає в використанні нечітких когнітивних моделей та штучної нейронної мережі для прогнозування стану каналів багатоантенних систем зі спектрально-ефективними сигналами.

За результатами дослідження встановлено, що запропонована методика дозволяє підвищити заводозахищеність систем багатоантенних систем зі спектрально ефективними сигналами за схемою 8x8 та 64 піднесучими при на 20–25 % у порівнянні з відомими.

Ключові слова: засоби радіозв'язку, нейронні мережі, нечіткі множини, обчислювальна складність, частотна характеристика.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263559

РОЗРОБКА МОДИФІКАЦІЇ МЕТОДУ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ЗБОРУ ДАНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЮ АЕРОПЛАТФОРМОЮ З ВУЗЛІВ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ (с. 15–29)**А. Г. Гримуд, В. А. Романюк**

Безпроводні сенсорні мережі відіграють все більшого значення як в цивільній так і в військовій сферах. Об'єктом дослідження виступає процес збору даних телекомунікаційною аероплатформою з вузлів мережі в умовах їх віддаленості від телекомунікаційної інфраструктури. Більшість існуючих публікації розглядають рішення лише часткових задач процесу збору даних телекомунікаційною аероплатформою: кластеризація мережі, пошук найкоротшого маршруту обльоту, мінімізація витрат енергії вузлів тощо. Тому пропонується вдосконалений метод безпосереднього збору даних телекомунікаційною аероплатформою, якій послідовно та комплексно вирішує ці завдання. На відміну існуючих методів він враховує декілька цільових функцій (оптимізація часу збору даних телекомунікаційною аероплатформою та часу функціонування мережі), параметри стану вузлів та кластерів, дозволяє отримувати рішення в реальному часі. Особливістю запропонованого методу є пошук оптимального рішення за ієрархією: мережа – кластер – вузол. На мережевому рівні оптимізується: кількість кластерів певної розмірності та траєкторія обльоту кластерів. На рівні кластера визначаються точки (інтервали) збору даних при зависанні (в русі) телекомунікаційної аероплатформи та траєкторія її польоту в кластері. На рівні вузла мінімізуються його енерговитрати за рахунок зменшення відстані до телекомунікаційної аероплатформи. Траєкторія руху платформи в кластері розраховується згідно розробленої бази правил. Правила реалізують метод ситуаційного управління. Умовами застосування є параметри стану вузлів, рішеннями – параметри траєкторії телекомунікаційної аероплатформи та інтервали збору даних. Правила враховують пріоритет цільових функцій, стан параметрів вузлів кластерів, прийняте раніше базове рішення по траєкторії обльоту. Результати імітаційного моделювання свідчать, що застосування методу дозволяє скоротити час збору даних до 15 % або збільшити час функціонування мережі до 17 %.

Ключові слова: безпроводні сенсорні мережі, кластеризація, траєкторія польоту, телекомунікаційна аероплатформа, збір даних.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263387

МЕТОДИ СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ K-MEANS ТА ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ (с. 30–40)**І. В. Рубан, Г. В. Худов, О. М. Маковейчук, В. Г. Худов, Т. М. Калімулін, С. І. Глухов, П. Л. Аркушенко, Т. М. Кравець, І. А. Хижняк, Н. М. Шамрай**

Об'єктом дослідження є процес сегментування зображень з безпілотних літальних апаратів. Встановлено, що методи сегментування на основі k -means та генетичного алгоритму якісно працюють на зображеннях з космічних систем спостереження. Пропонується використання методів сегментування на основі k -means та генетичного алгоритму для сегментування зображень з безпілотних літальних апаратів. Визначені основні етапи методів сегментування зображень на основі k -means та генетичного алгоритму.

Проведено експериментальне дослідження сегментування зображень з безпілотних літальних апаратів. На відміну від відомих, сегментування зображення методом на основі k -means, яке успішно працює на зображеннях з космічних систем спостереження, не може бути напряму застосовано до сегментування зображення з безпілотних літальних апаратів. На відміну від відомих, сегментування зображення методом на основі генетичного алгоритму, яке успішно працює на зображеннях з космічних систем спостереження, також не може бути напряму застосовано до сегментування зображення з безпілотних літальних апаратів.

Проведено оцінювання якості сегментування зображень з безпілотних літальних апаратів методами на основі k -means та генетичного алгоритму. Встановлено, що:

- середній рівень помилок I роду складає 70 % та 51 % при сегментуванні зображення з безпілотного літального апарату методами на основі k -means та генетичного алгоритму відповідно;
- середній рівень помилок II роду складає 61 % та 43 % при сегментуванні зображення з безпілотного літального апарату методами на основі k -means та генетичного алгоритму відповідно.

Зроблено висновок про подовження подальших досліджень щодо розробки методів сегментування зображень з безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, сегментування зображення, експериментальне дослідження, k -means, генетичний алгоритм.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263185

РОЗРОБКА ТРЬОХМІРНОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ І ПОПЕРЕДНЬО НАВЧЕНИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ IEEE 802.11 WI-FI (с. 41–47)

Aseel Hamoud Hamza, Sabreen Ali Hussein, Ghassan Ahmad Ismaeel, Saad Qasim Abbas, Musadak Maher AbdulZahra, Ahmad H. Sabry

Продуктивність систем внутрішньої локалізації Wi-Fi з відбитками пальців у внутрішньому середовищі залежить від інформації про стан каналу, яка зазвичай обмежена через ефект загасання багатопроменевості. Стандарт Wi-Fi™, IEEE 802.11az, який зазвичай називають наступним поколінням позиціонування, пропонує характеристики фізичного рівня, які дозволяють виконувати позиціонування та розширений діапазон з використанням традиційних методів. Отже, важливо створити набір даних відбитків пальців для багатоканальних імпульсних відповідей у приміщенні на основі сигналів 802.11az і позначити всі ці відбитки пальців за їх даними про місцезнаходження, оцінивши розташування станції на основі частини набору даних для відбитків пальців. У цій роботі розробляється модель навчання згорткової нейронної мережі (ЗНМ) для позиціонування та локалізації шляхом створення даних IEEE 802.11. Дослідження включає використання навченої CNN для прогнозування положення або розташування декількох станцій за даними відбитків пальців. Це включає оцінку продуктивності ЗНМ для БІВ. Алгоритми глибокого навчання та відбитків пальців використовуються у моделях позиціонування Wi-Fi для створення набору даних шляхом вибірки каналу відбитків пальців у розпізнаних позиціях у середовищі. Модель передбачає розташування користувача відповідно до сигналу, підтвердженого невідомим місцезнаходженням через довідкову базу даних. У роботі також обговорюється вплив розміру антеної решітки та смуги пропускання каналу на продуктивність. Показано, що збільшення періодів навчання та кількості станцій покращує продуктивність мережі. Результати були підтверджені матрицею плутанини, яка узагальнює та візуалізує метод класифікації підприємств. Було використано обмежений набір даних для простоти та короткого часу моделювання, але більша продуктивність досягається за рахунок навчання великих даних.

Ключові слова: 3D-локалізація, Wi-Fi, метод класифікації глибокого навчання, матриця плутанини, IEEE 802.11.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263692

РОЗПОДІЛЕНА КЛАСТЕРИЗАЦІЯ НА ОСНОВІ ЗАХИСТУ КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ З АЛГОРИТМОМ ГЛУБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛЮГО МАЙНІНГУ ДАНИХ (с. 48–58)

Alaa Thamer Mahmood, Raed Kamil Naser, Sura Khalil Abd

Розподілений аналіз даних (РАД) є життєво важливим у різних додатках для обробки великих обсягів даних. Набори даних зберігаються у локальних базах даних і керуються місцевими спільнотами, але вони забезпечують рішення локально та глобально. Однак набори даних зберігаються розподіленим чином, що впливає на проблеми масштабованості та надійності. Крім того, на дані, що локально зберігаються, впливають проблеми безпеки та конфіденційності. Крім того, третя сторона може отримати доступ до РАД, що спричиняє проблеми з авторизацією. Таким чином, процес РАД поєднує дані датчиків із різних джерел, щоб покращити виявлення знань. У ході цього процесу РАД стикається з кількома проблемами, такими як проблеми безпеки, обмеження конфіденційності, технічні бар'єри та проблеми довіри. Для вирішення цих проблем необхідно покращити розподілений аналіз даних (РАД) для обробки однорідних та різноманітних даних. У цій роботі використовується алгоритм розподіленої кластеризації на основі захисту конфіденційності (КЗК) для вирішення проблем конфіденційності та безпеки під час аналізу розподілених даних. Алгоритм кластеризації генерує напівдовірчі треті сторони формування кластера, який захищає дані від неавторизованих користувачів. Напівдовірча сторона захищає локально аналізоване рішення, створюючи довірчий процес на основі випадкового вектора. Крім того, у процесі використовується оптимізований підхід до глибокого навчання та кластеризація для покращення аналізу різноманітних даних. Потім ефективність введеного методу КЗК порівнюється з існуючими методами, алгоритм КЗК забезпечує частоту помилок 0,202, точність 0,95% і управляє безпекою цього даних.

Ключові слова: глибоке навчання, захист конфіденційності, розподілена кластеризація, розподілений аналіз даних.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263695

ВИЯВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОВІДОМЛЕНЬ В АУДИОСТЕГANOГРАФІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТИВНИХ ПРОТИЛЕЖНИХ МЕРЕЖ (с. 59–68)

Muatamed Hajer, Mohammed Anbar

Аудіостеганографія (АС) використовує слухову надмірність людського вуха, щоб приховати приховане повідомлення всередині звукової доріжки. У недавніх дослідженнях стегоаналіз, що ґрунтується на глибокому навчанні, швидко виявив АС, витягуючи багатовимірні стегоакустичні характеристики для категоризації. Як і раніше, існує можливість покращення існуючої звукової стеганографії, необхідної для управління конфіденційністю зв'язку, контролю доступу та захисту даних. Основною метою цього дослідження є покращення захисту даних шляхом визначення місця вбудовування даних в аудіо. У цьому дослідженні представлена генеративно-змагальна мережна аудіостеганографічна структура (GAN-ASF), яка може автоматично навчатися для забезпечення якіснішого

звукового супроводу для вбудовування повідомлень. Навчальна архітектура запропонованої структури включає генератор, дискримінатор і стегоаналізатор, навчені за допомогою глибокого навчання. Метод вбудовування повідомлень з найменшою значною бітовою відповідністю (LSBM) шифрує секретне повідомлення в стегографічну обкладинку, яка потім пересилається на навчений стегоаналізатор для неправильної інтерпретації як обкладинки. Після виконання навчання було згенеровано стенографічна обкладинка для кодування секретного повідомлення. Тут використовується марківська модель субзображень з частотами, що збігаються, для створення субзображення з найкращою частотою покриття для виявлення прихованого корисного навантаження зображення. Звук стенографічної обкладинки, створений GAN-ASF, був протестований і визнаний чудовою якістю для вбудовування повідомлень. Точність виявлення запропонованого методу нижча, ніж у найсучаснішого стеноаналізу на основі глибокого навчання. Такий підхід до розміщення корисного навантаження значно підвищив точність визначення стенометричного розташування на низьких частотах. Результати випробувань GAN-ASF забезпечують коефіцієнт продуктивності 94,5 %, коефіцієнт точності 96,2 %, коефіцієнт помилок 15,7 %, відношення сигнал-шум 24,3 % та коефіцієнт ефективності 94,8 % порівняно з іншими методами.

Ключові слова: генеративно-змагальна мережа, зіставлення найменш значущих бітів, марківська модель, аудіо-стенографія, зображення у форматі jpeg.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263644

ГІБРИДНА СИСТЕМА ВИБОРУ МЕТОДІВ БАЛАНСУВАННЯ КЛАСІВ НА ОСНОВІ ІНТЕГРУВАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ТА МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РАКУ ЛЕГЕНІВ (с. 69–76)

Mustafa Mohammed Jassim, Mustafa Musa Jaber

Рак легенів є найбільш швидкозростаючим і найнебезпечнішим видом раку у світі. Він займає перше місце серед онкологічних захворювань за кількістю летальних випадків, а його діагностика на пізніх стадіях ускладнює лікування. Штучний інтелект відіграє важливу роль у галузі медицини в цілому, а також при ранній діагностиці захворювань та аналізі медичних зображень зокрема, оскільки він дозволяє зменшити людські помилки, що можуть виникнути у медичного експерта при аналізі медичних зображень. У дослідженні пропонується гібридна система глибокого навчання з використанням запропонованої згорткової нейронної мережі та методів багатокритеріального прийняття рішень. Вона дозволяє отримати ефективну і точну модель класифікації для діагностики раку легенів та вибору найкращої методики для вирішення проблеми дисбалансу класів наборів даних, яка є спільною проблемою в медичних даних, що викликає труднощі та помилки у прогнозуванні. Було використано набір даних IQ-OTHNCCD з дисбалансом класів. Три методи балансування класів використовувалися окремо, і дані кожного з них надходять у запроповану згорткову нейронну мережу для виділення та класифікації ознак. Далі для визначення найкращого методу класифікації та найкращого методу збалансування класів були використані алгоритм нечітко-зваженої нульової неузгодженості та VIKOR. Це дозволило підвищити ефективність класифікації, при якій найкраща модель показала правильність 99,27 %, чутливість 99,33 %, специфічність 99 %, прецизійність 98,67 % та F1-міру 99 %. Дане дослідження може бути застосоване до будь-яких даних, що мають проблему дисбалансу класів, для знаходження найкращого методу, що забезпечує найвищу точність класифікації.

Ключові слова: рак легенів, глибоке навчання, багатокритеріальне прийняття рішень (БКПР), дисбаланс класів.