

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248978

DEVELOPING OF BLUETOOTH MESH FLOODING BETWEEN SOURCE-DESTINATION LINKING OF NODES IN WIRELESS SENSOR NETWORKS (p. 6–14)

Shaymaa Kadhim Mohsin

University of Technology, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6748-2636>

Maysoon A. Mohammed

University of Technology, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4892-6772>

Helaa Mohammed Yassien

University of Technology, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-3743>

Bluetooth uses 2.4 GHz in ISM (industrial, scientific, and medical) band, which it shares with other wireless operating system technologies like ZigBee and WLAN. The Bluetooth core design comprises a low-energy version of a low-rate wireless personal area network and supports point-to-point or point-to-multipoint connections. The aim of the study is to develop a Bluetooth mesh flooding and to estimate packet delivery ratio in wireless sensor networks to model asynchronous transmissions including a visual representation of a mesh network, node-related statistics, and a packet delivery ratio (PDR). This work provides a platform for Bluetooth networking by analyzing the flooding of the network layers and configuring the architecture of a multi-node Bluetooth mesh. Five simulation scenarios have been presented to evaluate the network flooding performance. These scenarios have been performed over an area of 200×200 meters including 81 randomly distributed nodes including different Relay/End node configurations and source-destination linking between nodes. The results indicate that the proposed approach can create a pathway between the source node and destination node within a mesh network of randomly distributed End and Relay nodes using MATLAB environment. The results include probability calculation of getting a linking between two nodes based on Monte Carlo method, which was 88.7428 %, while the Average-hop-count linking between these nodes was 8. Based on the conducted survey, this is the first study to examine and demonstrate Bluetooth mesh flooding and estimate packet delivery ratio in wireless sensor networks.

Keywords: Bluetooth, mesh flooding, packet delivery ratio, wireless sensor networks, network simulation, node position allocator (NPA), Monte Carlo algorithm.

References

1. Bluetooth®. Available at: <https://www.bluetooth.com/>
2. Ghaboosi, K., Xiao, Y., Latva-Aho, M., Khalaj, B. H. (2008). Overview of IEEE 802.15.2: Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Unlicensed Frequency Bands Operating Wireless Devices. *Emerging Wireless LANs, Wireless PANs, and Wireless MANs*, 135–150. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470403686.ch6>
3. Bamahdi, O. A., Zummo, S. A. (2006). An Adaptive Frequency Hopping Technique With Application to Bluetooth-WLAN Coexistence.

- International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies (ICNICONSMCL06). doi: <https://doi.org/10.1109/icniconsmcl.2006.44>
4. Wu, Y., Todd, T. D., Shirani, S. (2003). SCO link sharing in Bluetooth voice access networks. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 63 (1), 45–57. doi: [https://doi.org/10.1016/s0743-7315\(02\)00035-7](https://doi.org/10.1016/s0743-7315(02)00035-7)
5. Culler, D. E. et. al. (2012). EMOuse: Emotional gaming mouse Supervisors. *Conf. Proc. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*.
6. Li, X., Li, M.-T., Gao, Z.-G., Sun, L.-N. (2008). Bluetooth ACL Packet Selection Via Maximizing the Expected Throughput Efficiency of ARQ Protocol. *Lecture Notes in Computer Science*, 559–568. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69384-0_61
7. Etxaniz, J., Aranguren, G. (2017). Low Power Multi-Hop Networking Analysis in Intelligent Environments. *Sensors*, 17 (5), 1153. doi: <https://doi.org/10.3390/s17051153>
8. Gessner, D., Alvarez, I., Ballesteros, A., Barranco, M., Proenza, J. (2014). Towards an experimental assessment of the slave elementary cycle synchronization in the Flexible Time-Triggered Replicated Star for Ethernet. *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*. doi: <https://doi.org/10.1109/etfa.2014.7005321>
9. Bellavista, P., Stefanelli, C., Tortonesi, M. (2004). Middleware-level QoS differentiation in the wireless Internet: the ubiQoS solution for audio streaming over Bluetooth. *First International Conference on Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks*. doi: <https://doi.org/10.1109/qshine.2004.31>
10. What Is Bluetooth? Available at: <https://www.mathworks.com/help/comm/ug/what-is-bluetooth.html>
11. Das, B., Sarkar, T. S., Mukherjee, S., Sinha, B., Mazumdar, S. (2020). Development of full duplex Laser based data and voice communication system bridging two IoT networks. *Proceedings of the 21st International Conference on Distributed Computing and Networking*. doi: <https://doi.org/10.1145/3369740.3372763>
12. Hwang, S.-H., Ahn, B. (2013). A TDMA protocol design to relay voice communications. *2013 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM)*. doi: <https://doi.org/10.1109/pacrim.2013.6625482>
13. Ensworth, J. F., Hoang, A. T., Phu, T. Q., Reynolds, M. S. (2017). Full-duplex Bluetooth Low Energy (BLE) compatible Backscatter communication system for mobile devices. *2017 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet)*. doi: <https://doi.org/10.1109/wisnet.2017.7878752>
14. Rosenthal, J., Reynolds, M. S. (2019). A 1.0-Mb/s 198-pJ/bit Bluetooth Low-Energy Compatible Single Sideband Backscatter Uplink for the NeuroDisc Brain-Computer Interface. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 67 (10), 4015–4022. doi: <https://doi.org/10.1109/tmmt.2019.2938162>
15. Rosenthal, J., Reynolds, M. S. (2020). A Dual-Band Shared-Hardware 900 MHz 6.25 Mbps DQPSK and 2.4 GHz 1.0 Mbps Bluetooth Low Energy (BLE) Backscatter Uplink for Wireless Brain-Computer Interfaces. *2020 IEEE International Conference on RFID (RFID)*. doi: <https://doi.org/10.1109/rfid49298.2020.9244882>

16. Ghori, M. R., Wan, T.-C., Sodhy, G. C., Rizwan, A. (2021). Optimization of the AODV-Based Packet Forwarding Mechanism for BLE Mesh Networks. *Electronics*, 10 (18), 2274. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics10182274>
17. Murillo, Y., Reynders, B., Chiumento, A., Malik, S., Crombez, P., Pollin, S. (2017). Bluetooth now or low energy: Should BLE mesh become a flooding or connection oriented network? 2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC). doi: <https://doi.org/10.1109/pimrc.2017.8292705>
18. Hansen, E. A. J., Nielsen, M. H., Serup, D. E., Williams, R. J., Madssen, T. K., Abildgren, R. (2018). On Relay Selection Approaches in Bluetooth Mesh Networks. 2018 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). doi: <https://doi.org/10.1109/icumt.2018.8631214>
19. Ng, P. C., She, J. (2019). A Novel Overlay Mesh with Bluetooth Low Energy Network. 2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). doi: <https://doi.org/10.1109/wncn.2019.8886069>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249474

APPLYING SWITCHING AND MULTIPLE ACCESS MODEL FOR REDUCING PACKET LOSS AND NETWORK OVERHEADS IN WATM (p. 15–23)

Saif Mohammed Ali

Dijlah University College, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0484-7036>

Haider Mshali

Ministry of Higher Education and Scientific Research, Baghdad, Iraq,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-1747>

Amer S. Elameer

University of Information Technology and Communications, Baghdad, Iraq, 00964

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1707-145X>

Mustafa Musa Jaber

Dijlah University College, Baghdad, Iraq

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

Sura Khalil Abd

Universiti Tenaga Nasional, Selangor, Malaysia

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

As an effectual simple wireless equivalent created in the telecommunications (telephone) industry, Wireless Asynchronous Transfer Mode (WATM) is utilized to stream unified traffics like video, data, and voice data. In the asynchronous data transfer mode, voice data transfer a packet with the same medium, and data share the networks and burst data. Effective WATM data transmission requires an extensive array of designs, techniques used for control, and simulation methodologies. The congestion of the network is among the key challenges that lower the entire WATM performance during this procedure, in addition to the delay in cell and the overload of traffic. The congestions cause cell loss, and it requires expensive switches compared to the LAN. Consequently, in this current study, the application of an effectual switching model together with a control mechanism that possesses multiple accesses is employed. The multiple access process and switching model are utilized to establish an effective data sharing process with minimum complexity. The switching model uses the synchronous inputs and output ports

with buffering to ensure the data sharing process. The traffic in the network is decreased, and the loss of packets in the cells is efficiently kept to a minimum by the proposed technique. The system being discussed is employed through the utilization of software employed using OPNET 10.5 simulation, with the valuation of the WATM along with the investigational outcomes accordingly. The system's efficiency is assessed by throughput, latency, cell loss probability value (CLP), overhead network, and packet loss. Thus, the system ensures the minimum packet loss (0.1 %) and high data transmission rate (96.6 %).

Keywords: Asynchronous mode, delay, overload traffics, switching model and data transmission rate.

References

1. Robertazzi, T. (2011). Asynchronous Transfer Mode (ATM). Basics of Computer Networking, 45–51. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2104-7_5
2. Guide to ATM Technology for the Catalyst 8540 MSR, Catalyst 8510 MSR, and LightStream 1010 ATM Switch Routers. Customer Order Number: DOC-786275. Cisco Systems. Available at: http://www.kt.agh.edu.pl/~rzym/lectures/TNaS/Cisco_ATM.pdf
3. Section «Operation of an ATM Switch». Guide to ATM Technology. Cisco Systems. Available at: <https://indigothemes.com/wikipedia-contribution/techgd.pdf>
4. ATM Cell Structure. Available at: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-2000-server/cc976978\(v=technet.10\)?redirectedfrom=MSDN](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-2000-server/cc976978(v=technet.10)?redirectedfrom=MSDN)
5. He, C., Xie, Z., Tian, C. (2019). Distributed Quality-Aware Resource Allocation for Video Transmission in Wireless Networks. *Network and Parallel Computing*, 56–65. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30709-7_5
6. Chapin, A. L. (1983). Connections and connectionless data transmission. *Proceedings of the IEEE*, 71 (12), 1365–1371. doi: <https://doi.org/10.1109/proc.1983.12779>
7. Weik, M. H. (2000). Switched virtual circuit. *Computer Science and Communications Dictionary*, 1699–1699. doi: https://doi.org/10.1007/1-4020-0613-6_18688
8. Garcia, M., Oberli, C. (2009). Inter-carrier Interference in OFDM: A General Model for Transmissions in Mobile Environments with Imperfect Synchronization. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2009 (1). doi: <https://doi.org/10.1155/2009/786040>
9. Opnet network simulator. Available at: <https://opnetprojects.com/opnet-network-simulator/>
10. Weik, M. H. (2000). Asynchronous transfer mode. *Computer Science and Communications Dictionary*, 71–71. doi: https://doi.org/10.1007/1-4020-0613-6_944
11. Baraković Husić, J., Bajrić, H., Baraković, S. (2012). Evolution of Signaling Information Transmission. *ISRN Communications and Networking*, 2012, 1–9. doi: <https://doi.org/10.5402/2012/705910>
12. Erturk, I. (2005). A new method for transferring CAN messages using wireless ATM. *Journal of Network and Computer Applications*, 28 (1), 45–56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2004.04.001>
13. Aswathy, K., Asok, P., Nandini, T., Nair, L. S. (2018). Handover Latency Improvement and Packet Loss Reduction in Wireless Networks Using Scanning Algorithm. *Recent Findings in Intelligent Computing Techniques*, 43–51. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8636-6_5

14. Wang, E., Yang, Y.-J., Wu, J., Liu, W.-B. (2016). A Buffer Scheduling Method Based on Message Priority in Delay Tolerant Networks. *Journal of Computer Science and Technology*, 31 (6), 1228–1245. doi: <https://doi.org/10.1007/s11390-016-1694-7>
15. Yu, H., Perla, M., Liu, F. (2021). A Multiple Access Protocol for Multimedia Transmission over 5G Wireless Asynchronous Transfer Mode Network. 2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT). doi: <https://doi.org/10.1109/aiiot52608.2021.9454218>
16. Sembiyev, O., Kemelbekova, Z., Umarova, Z. (2020). Load Distribution and Determination of Loss Probability in Asynchronous Network. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 44 (3), 707–715. doi: <https://doi.org/10.1007/s40995-020-00847-x>
17. Afab, A. (2002). *Data Communication Principles. For Fixed and Wireless Networks*. Springer, 276. doi: <https://doi.org/10.1007/b101863>
18. Duque-Antón, M., Günther, R., Karabek, R., Meuser, T., Wasel, J. (1998). Open switching for ATM networks. *Services and Visualization Towards User-Friendly Design*, 265–277. doi: <https://doi.org/10.1007/bfb0053511>
19. Wang, J., Letaief, K. B., Hamdi, M. (2000). “Super-Fast” Estimation of Cell Loss Rate and Cell Delay Probability of ATM Switches. *Broadband Communications*, 667–675. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-35579-5_56
20. Rayes, A., Salam, S. (2018). The Internet in IoT. *Internet of Things From Hype to Reality*, 37–65. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99516-8_2
21. Kim, B., Lee, B., Cho, J. (2017). ASRQ: Automatic Segment Repeat Request for IEEE 802.15.4-Based WBAN. *IEEE Sensors Journal*, 17 (9), 2925–2935. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2017.2676163>
22. Choi, H.-H., Lee, J.-R. (2017). Multi-phased Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution. *Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Networks*, 223–232. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60717-7_22
23. Rachini, A. S., Jaber, M. M. (2019). Performance of FBMC in 5G Mobile Communications Over Different Modulation Techniques. 2019 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC). doi: <https://doi.org/10.1109/isncc.2019.8909111>
24. Jaber, M. M., Abd, S. K., Shakeel, P. M., Burhanuddin, M. A., Mohammed, M. A., Yussof, S. (2020). A telemedicine tool framework for lung sounds classification using ensemble classifier algorithms. *Measurement*, 162, 107883. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107883>
25. Naseem, M. T. et. al. (2017). Preprocessing and signal processing techniques on genomic data sequences. *Biomedical Research*, 28(22), 10205–10209. Available at: <https://www.alliedacademies.org/articles/preprocessing-and-signal-processing-techniques-on-genomic-data-sequences.pdf>
26. Abd Ghani, M. K., Mohamed, M. A., Mostafa, S. A., Mustapha, A., Aman, H., Jaber, M. M. (2018). The design of flexible telemedicine framework for healthcare big data. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.20), 246–253. Available at: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/19096>
27. Mohammed, M. A., Kadhim, M. H., Fuad, A., Jaber, M. M. (2014). Follow up system for directorate of scholarship and cultural relations in Iraq. 2014 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT). doi: <https://doi.org/10.1109/i4ct.2014.6914171>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246556

A FUZZY APPROACH FOR DETERMINING THE COGNITIVE SPATIAL LOCATION OF AN OBJECT IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (p. 24–31)

Svitlana Kuznichenko

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7982-1298>

Iryna Buchynska

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0393-2781>

The work is devoted to the problem of interpretation of fuzzy semantics of cognitive descriptions of spatial relations in natural language and their visualization in a geographic information system (GIS). The solution to the problem of determining the fuzzy spatial location of an object based on vague descriptions of the observer in natural language is considered. The task is relevant in critical situations when there is no way to report the exact coordinates of the observed object, except by describing its location relative to the observer itself. Such a situation may be the result of a crime, terrorist act or natural disaster. An observer who finds itself at the scene transmits a text message, which is a description of the location of the object or place (for example, the crime scene, the location of dangerous objects, the crash site). The semantics of the spatial location of the object can be further extracted from the text message.

The proposed fuzzy approach is based on the formalization of the observer's phrases, with which it can describe spatial relations, in the form of a set of linguistic variables that determine the direction and distance to the object. Examples of membership functions for linguistic variables are given.

The spatial knowledge base is built on the basis of the phrases of observers and their corresponding fuzzy regions. Algorithms for constructing cognitive regions in GIS have been developed. Methods of their superposition to obtain the final fuzzy location of the object are proposed. An example of the implementation of a fuzzy model for identifying cognitive regions based on vague descriptions of several observers, performed using developed Python scripts integrated into ArcGIS 10.5, is considered.

Keywords: cognitive description of spatial relationships, spatial modeling, fuzzy logic, geographic information system.

Reference

1. Goodchild, M., Egenhofer, M. J., Fegeas, R., Kottman, C. (Eds.) (1999). *Interoperating Geographic Information Systems*. Springer, 509. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5189-8>
2. Zhang, J., Goodchild, M. F. (2002). *Uncertainty in Geographical Information*. CRC Press, 288. doi: <https://doi.org/10.1201/b12624>
3. Fisher, P., Cheng, T., Wood, J. (2007). Higher Order Vagueness in Geographical Information: Empirical Geographical Population of Type n Fuzzy Sets. *GeoInformatica*, 11 (3), 311–330. doi: <https://doi.org/10.1007/s10707-006-0009-5>
4. Xiang, J. (2021). An intelligent computing and control model of topological relation between spatial objects based on fuzzy theory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1948 (1), 012012. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1948/1/012012>
5. Liu, Y., Yuan, Y., Gao, S. (2019). Modeling the Vagueness of Areal Geographic Objects: A Categorization System. *ISPRS Interna-*

- tional Journal of Geo-Information, 8 (7), 306. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi8070306>
6. Kuznichenko, S., Buchynska, I., Kovalenko, L., Gunchenko, Y. (2019). Suitable Site Selection Using Two-Stage GIS-Based Fuzzy Multi-criteria Decision Analysis. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 214–230. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_16
 7. Kuznichenko, S., Kovalenko, L., Buchynska, I., Gunchenko, Y. (2018). Development of a multicriteria model for making decisions on the location of solid waste landfills. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (92)), 21–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.129287>
 8. Towards Platial Joins and Buffers in Place-Based GIS (2013). *Proceedings of The First ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Models of Place - COMP'13*. doi: <https://doi.org/10.1145/2534848.2534856>
 9. Blaschke, T., Merschdorf, H., Cabrera-Barona, P., Gao, S., Papadakis, E., Kovacs-Györi, A. (2018). Place versus Space: From Points, Lines and Polygons in GIS to Place-Based Representations Reflecting Language and Culture. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (11), 452. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi7110452>
 10. Scheider, S., Hahn, J., Weiser, P., Kuhn, W. (2018). Computing with cognitive spatial frames of reference in GIS. *Transactions in GIS*, 22 (5), 1083–1104. doi: <https://doi.org/10.1111/tgis.12318>
 11. Talmy, L. (1983). How Language Structures Space. *Spatial Orientation*, 225–282. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9325-6_11
 12. Li, T. J.-J., Sen, S., Hecht, B. (2014). Leveraging Advances in Natural Language Processing to Better Understand Tobler's First Law of Geography. *Proceedings of the 22nd ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 513–516. doi: <https://doi.org/10.1145/2666310.2666493>
 13. VoPham, T., Hart, J. E., Laden, F., Chiang, Y.-Y. (2018). Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health*, 17 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0386-x>
 14. Lipinski, J., Schneegans, S., Sandamirskaya, Y., Spencer, J. P., Schöner, G. (2012). A neurobehavioral model of flexible spatial language behaviors. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38 (6), 1490–1511. doi: <https://doi.org/10.1037/a0022643>
 15. Hahn, J., Fogliaroni, P., Frank, A. U., Navratil, G. (2016). A Computational Model for Context and Spatial Concepts. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 3–19. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33783-8_1
 16. Shi, W., Liu, K. (2004). Modeling Fuzzy Topological Relations Between Uncertain Objects in a GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70 (8), 921–929. doi: <https://doi.org/10.14358/pers.70.8.921>
 17. Liu, K., Shi, W. (2009). Quantitative fuzzy topological relations of spatial objects by induced fuzzy topology. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11 (1), 38–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.001>
 18. Yan, Y., Feng, C.-C., Wang, Y.-C. (2016). Utilizing fuzzy set theory to assure the quality of volunteered geographic information. *Geo-Information*, 82 (3), 517–532. doi: <https://doi.org/10.1007/s10708-016-9699-x>
 19. Du, S., Qin, Q., Wang, Q., Li, B. (2005). Fuzzy Description of Topological Relations I: A Unified Fuzzy 9-Intersection Model. *Advances in Natural Computation*, 1261–1273. doi: https://doi.org/10.1007/11539902_161
 20. Sozer, A., Yazici, A., Oguztuzun, H. (2015). Indexing Fuzzy Spatio-temporal Data for Efficient Querying: A Meteorological Application. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23 (5), 1399–1413. doi: <https://doi.org/10.1109/tfuzz.2014.2362121>
 21. Cheng, H. (2016). Modeling and querying fuzzy spatiotemporal objects. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 31 (6), 2851–2858. doi: <https://doi.org/10.3233/jifs-169167>
 22. Guo, J., Shao, X. (2017). A fine fuzzy spatial partitioning model for line objects based on computing with words and application in natural language spatial query. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 32 (3), 2017–2032. doi: <https://doi.org/10.3233/jifs-161616>
 23. Wang, X., Du, S., Feng, C.-C., Zhang, X., Zhang, X. (2018). Interpreting the Fuzzy Semantics of Natural-Language Spatial Relation Terms with the Fuzzy Random Forest Algorithm. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (2), 58. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi7020058>
 24. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – II. *Information Sciences*, 8 (4), 301–357. doi: [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90046-8)
 25. Xu, J., Pan, X. (2020). A Fuzzy Spatial Region Extraction Model for Object's Vague Location Description from Observer Perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9 (12), 703. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi9120703>
 26. Karpinski, M., Kuznichenko, S., Kazakova, N., Frazee-Frazenko, O., Jancarczyk, D. (2020). Geospatial Assessment of the Territorial Road Network by Fractal Method. *Future Internet*, 12 (11), 201. doi: <https://doi.org/10.3390/fi12110201>
 27. Malczewski, J. (2000). On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. *Transactions in GIS*, 4 (1), 5–22. doi: <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248624

DEVISING A METHOD FOR MEASURING THE MOTION PARAMETERS OF INDUSTRIAL EQUIPMENT IN THE QUARRY USING ADAPTIVE PARAMETERS OF A VIDEO SEQUENCE (p. 32–46)

Yurii Podchashynskyi

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8344-6061>

Oksana Luhovykh

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6138-8991>

Vitaliy Tsyporenko

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8559-006X>

Valentyn Tsyporenko

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6843-8960>

The method and structural scheme of an information-measuring system for determining the parameters of objects' movements (technological equipment in the quarry for extracting block natural stone) have been proposed. A distinctive feature of time video sequences containing images of measured objects is their adaptation and adjustment in accordance with the intensity of movement and accuracy

requirements for measurement results. Structural and software-algorithmic methods were also applied for improving the accuracy of measurements of motion parameters, namely: complexation of two measuring channels and exponential smoothing of digital references. One of the measuring channels is based on a digital video camera, the second is based on an accelerometer mounted on an object and two integrators. Exponential smoothing makes it possible to take into consideration the previous countdowns of movement parameters with weight coefficients. That ensures accounting for the existing patterns of movement of the object and reducing the errors when measuring the parameters of movement by (1.4...1.6) times.

The resulting solutions have been implemented in the form of an information and measurement system. The technological process of extracting blocks of natural stone in the quarry was experimentally investigated using a diamond-rope installation. Based on the contactless measurement of motion parameters, it is possible to ensure control over this process and improve the quality of blocks made of natural stone.

Based on the experimental study of measurement errors, recommendations were given for the selection of adaptive parameters of a video sequence, namely the size of images and the value of the inter-frame interval. In addition, methods for the software-algorithmic processing of measuring information were selected, specifically exponential smoothing and averaging the coordinates of the contour of an object, measured in 30 adjacent lines of the image.

Keywords: motion parameters, software-algorithmic processing of measuring video information, exponential smoothing, complexation.

References

- Levytskyi, V., Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V. (2018). The optimization of technological mining parameters in a quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 33 (2), 83–89. doi: <https://doi.org/10.17794/rgn.2018.2.8>
- Korobiichuk, I., Shamray, V., Korobiichuk, V., Kryvoruchko, A., Iskov, S. (2021). Dose Measurement of Flocculants in Water Treatment of Stone Processing Plants. *Automation 2021: Recent Achievements in Automation, Robotics and Measurement Techniques*, 387–394. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7_34
- Korobiichuk, I., Davydova, I., Korobiichuk, V., Shlapak, V., Panasiuk, A. (2021). Measurement of Qualitative Characteristics of Different Types of Wood Waste in the Forestries Zhytomyr Polissya. *Automation 2021: Recent Achievements in Automation, Robotics and Measurement Techniques*, 297–308. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7_28
- Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Levytskyi, V., Pidvysotskiy, V., Kamskykh, O., Kovalevych, L. (2020). Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 35 (1), 123–137. doi: <https://doi.org/10.17794/rgn.2020.1.10>
- Korobiichuk, I., Podchashinskiy, Y. (2021). Correlation mathematical model of video images with measuring information about geometrical parameters. *2021 25th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*. doi: <https://doi.org/10.1109/mmar49549.2021.9528487>
- Korobiichuk, I., Podchashinskiy, Y., Luhovykh, O., Levkivskiy, V., Rzeplińska-Rykała, K. (2020). Theoretical Estimates of the Accuracy of Determination of Geometric Parameters of Objects on Digital Images. *Automation 2020: Towards Industry of the Future*, 289–299. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40971-5_27
- Korobiichuk, I., Podchashinskiy, Y., Lugovyh, O., Nowicki, M., Kachniarz, M. (2017). Algorithmic compensation of video image dynamic errors with measurement data about geometric and object motion parameters. *Measurement*, 105, 66–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.04.009>
- Korobiichuk, I., Podchashinskiy, Y., Shapovalova, O., Shadura, V., Nowicki, M., Szewczyk, R. (2015). Precision increase in automated digital image measurement systems of geometric values. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 335–340. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-23923-1_51
- Kvasnikov, V., Ornatskiy, D., Graf, M., Shelukha, O. (2021). Designing a computerized information processing system to build a movement trajectory of an unmanned aircraft. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (109)), 33–42. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225501>
- Korobiichuk, V. V., Kotenko, V. V., Kalchuk, S. V., Sobolevskiy, R. V., Kisiel, O. O. (2011). Obladnannia dlia vydobuvannia blochnoho pryrodnoho kameniu. *Zhytomyr: Vydavnytstvo Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*, 348
- Jambek, A. B., Juri, A. A. (2014). Low-energy motion estimation architecture using quadrant-based multi-octagon (QBMO) algorithm. *Journal of Real-Time Image Processing*, 12 (3), 623–632. doi: <https://doi.org/10.1007/s11554-014-0426-x>
- Sheikh, H. R., Sabir, M. F., Bovik, A. C. (2006). A Statistical Evaluation of Recent Full Reference Image Quality Assessment Algorithms. *IEEE Transactions on Image Processing*, 15 (11), 3440–3451. doi: <https://doi.org/10.1109/tip.2006.881959>
- Korobiichuk, I., Lysenko, V., Opryshko, O., Komarchyk, D., Pasichnyk, N., Juś, A. (2018). Crop Monitoring for Nitrogen Nutrition Level by Digital Camera. *Automation 2018*, 595–603. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77179-3_56
- Rudyk, A. V. (2017). Analysis of the errors of MEMS accelerometers by the Allan variation method. *The Journal of Zhytomyr State Technological University. Series: Engineering*, 1 (79), 100–109. doi: [https://doi.org/10.26642/tn-2017-1\(79\)-100-109](https://doi.org/10.26642/tn-2017-1(79)-100-109)
- Dudnik, A. (2018). Investigation of laser rangefinders with sensor network interface. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (42)), 35–40. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.141190>
- Cherepanska, I., Bezvesilna, O., Sazonov, A., Nechai, S., Pidtychenko, O. (2018). Development of artificial neural network for determining the components of errors when measuring angles using a goniometric software-hardware complex. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (95)), 43–51. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141290>
- Kuz'min, S. Z. (1986). *Osnovy proektirovaniya sistem tsifrovoy obrabotki radiolokatsionnoy informatsii*. Moscow: Radio i svyaz', 432.
- Bahvalov, N. S., Zhidkov, N. P., Kobel'kov, G. M. (2008). *Chislennyye metody*. Moscow: Binom, 636.
- Forsyth, D. A., Ponce, J. (2012). *Computer Vision: A Modern Approach*. Pearson Education, Inc, 761. Available at: <https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TM152/Books/Computer%20Vision%20-%20A%20Modern%20Approach%20-%20D.%20Forsyth,%20J.%20Ponce.pdf>
- Lebedev, A. N. (1986). *Veroyatnostnyye metody v vychislitel'noy tekhnike*. Moscow: Vysshaya shkola, 312.

21. Samotokin, B. B. (2001). *Lektsiyi z teoriiy avtomatychnoho keruvannia*. Zhytomyr: Zhytomyrskiy inzhenerno-tehnolohichnyi instytut, 508.
22. Podchashynskiy, Yu. O., Luhovykh, O. O. (2020). Pat. No. 140691 UA. Prystriy dlia vymiriuvannia parametriv rukhu ob'ektiv. No. u201908229; declared: 15.07.2019; published: 10.03.2020, Bul. No. 5. Available at: <http://eztuir.ztu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7687/1/140691.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244623

INVESTIGATING ERRORS WHEN FORECASTING PROCESSES WITH UNCERTAIN DYNAMICS AND OBSERVATION NOISE BY THE SELF-ADJUSTING BROWN'S ZERO-ORDER MODEL (p. 47–53)

Boris Pospelov

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0957-3839>

Evgeniy Rybka

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

Mikhail Samoilo

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8924-7944>

Oleksii Krainiukov

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

Yurii Kulbachko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9627-3297>

Yuliia Bezuhla

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-2807>

Oleksii Roianov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7631-1030>

Svitlana Hryshko

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5054-3893>

Ivetta Krivitska

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

Valentyna Ivanova

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6121-6978>

This paper reports a study into the errors of process forecasting under the conditions of uncertainty in the dynamics and observation noise using a self-adjusting Brown's zero-order model. The dynamics test models have been built for predicted processes and observation noises, which make it possible to investigate forecasting errors for the self-adjusting and adaptive models. The test process dynamics were determined in the form of a rectangular video pulse with a fixed unit amplitude, a radio pulse of the harmonic process with an amplitude attenuated exponentially, as well as a video pulse with am-

plitude increasing exponentially. As a model of observation noise, an additive discrete Gaussian process with zero mean and variable value of the mean square deviation was considered. It was established that for small values of the mean square deviation of observation noise, a self-adjusting model under the conditions of dynamics uncertainty produces a smaller error in the process forecast. For the test jump-like dynamics of the process, the variance of the forecast error was less than 1%. At the same time, for the adaptive model, with an adaptation parameter from the classical and beyond-the-limit sets, the variance of the error was about 20% and 5%, respectively. With significant observation noises, the variance of the error in the forecast of the test process dynamics for the self-adjusting and adaptive models with a parameter from the classical set was in the range from 1% to 20%. However, for the adaptive model, with a parameter from the beyond-the-limit set, the variance of the prediction error was close to 100% for all test models. It was established that with an increase in the mean square deviation of observation noise, there is greater masking of the predicted test process dynamics, leading to an increase in the variance of the forecast error when using a self-adjusting model. This is the price for predicting processes with uncertain dynamics and observation noises.

Keywords: forecasting errors, self-adjusting Brown's zero-order model, process dynamics uncertainty.

References

1. Vambol, S., Vambol, V., Bogdanov, I., Suchikova, Y., Rashkevich, N. (2017). Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 57–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
2. Semko, A., Rusanova, O., Kazak, O., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Gricina, I. (2015). The use of pulsed high-speed liquid jet for putting out gas blow-out. *The International Journal of Multiphysics*, 9 (1), 9–20. doi: <https://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
3. Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A., Pozdieiev, S. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>
4. Vambol, S., Vambol, V., Sobyna, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2019). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. *Energetika*, 64 (4). doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
5. Semko, A. N., Beskrovnaya, M. V., Vinogradov, S. A., Hritsina, I. N., Yagudina, N. I. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52 (3), 655–664.
6. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
7. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708, 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>

8. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Suchikova, Y., Hurenko, O. (2017). Assessment of improvement of ecological safety of power plants by arranging the system of pollutant neutralization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 63–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102314>
9. Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77.
10. Lukashin, Yu. P. (2003). *Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh ryadov*. Moscow: Finansy i statistika, 416.
11. Brown, R. G. (2004). *Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series*. Dover Publications, 480.
12. Chetyrkin, E. M. (1977). *Statisticheskie metody prognozirovaniya*. Moscow: Statistika, 200.
13. Lugachev, M. I., Lyapunov, Yu. P. (1999). *Metody social'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya*. Moscow: TEIS, 160.
14. Svetun'kov, S. G. (2002). O rasshirenii granic primeniya metoda Brauna. *Izvestiya SPGUEF*, 3, 94–107.
15. Vartanyan, V. M., Romanenkov, Yu. A., Kononenko, A. V. (2005). Parametricheskii sintez prognoznoy modeli eksponencial'nogo sglazhivaniya. *Vestnik NTU «KhPI»*, 59, 9–16. Available at: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/28135/1/vestnik_KhPI_2005_59_Vartanyan_Parametricheskii.pdf
16. Tebueva, F., Streblianskaia, N. (2016). Adaptive method for predicting short time series of natural processes. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki*, 6, 83–87. Available at: <http://nauteh-journal.ru/files/eb917d86-88f4-4395-b12c-08b45ff3fbbb>
17. Svetun'kov, I. S. (2010). Samoobuchayushchaya model' kratkosrochnogo prognozirovaniya social'no-ekonomicheskoy dinamiki. Modeli ocenki, analiza i prognozirovaniya social'no-ekonomicheskikh sistem. Kharkiv: INZhEK, 11–32. Available at: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/q1zrwjrj6z/direct/84096936.pdf>
18. Koshmarov, Yu. A., Puzach, S. V., Andreev, V. V. (2012). *Prognozirovanie opasnykh faktorov pozhara v pomeschenii*. Moscow: AGPS MCHS Rossii, 126.
19. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
20. Webber, C. L., Ioana, C., Marwan, N. (Eds.). (2016). *Recurrence Plots and Their Quantifications: Expanding Horizons*. Springer Proceedings in Physics. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29922-8>
21. Ahn, C.-S., Kim J.-Y. (2011). A study for a fire spread mechanism of residential buildings with numerical modeling. *WIT Transactions on the Built Environment*, 117 (12), 185–196. doi: <https://doi.org/10.2495/safe110171>
22. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Rud, A. et al. (2020). Construction of a method for detecting arbitrary hazard pollutants in the atmospheric air based on the structural function of the current pollutant concentrations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218714>
23. Poulsen, A., Jomaas, G. (2011). Experimental Study on the Burning Behavior of Pool Fires in Rooms with Different Wall Linings. *Fire Technology*, 48 (2), 419–439. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0230-0>
24. Zhang, D., Xue, W. (2010). Effect of heat radiation on combustion heat release rate of larch. *Journal of West China Forestry Science*, 39, 148.
25. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental analysis on heat release rate of materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.
26. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2017). Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 32–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96694>
27. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S. (2018). Analysis of correlation dimensionality of the state of a gas medium at early ignition of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (95)), 25–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
28. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 50–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117789>
29. Bendat, J. S., Piersol, A. G. (2010). *Random data: analysis and measurement procedures*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118032428>
30. Singh, P. (2016). Time-frequency analysis via the fourier representation. *HAL*, 1–7. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01303330>
31. Stankovic, L., Dakovic, M., Thayaparan, T. (2014). *Time-frequency signal analysis*. Kindle edition, Amazon, 655.
32. Giv, H. H. (2013). Directional short-time Fourier transform. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 399 (1), 100–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2012.09.053>
33. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequencytemporal representation of fluctuations of gaseous medium parameters at fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 44–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125926>
34. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilov, M., Krainiukov, O., Biryukov, I. et al. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (110)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
35. Sinaga, H., Irawati, N. (2020). A Medical Disposable Supply Demand Forecasting By Moving Average And Exponential Smoothing Method. *Proceedings of the Proceedings of the 2nd Workshop on Multidisciplinary and Applications (WMA) 2018*, 24-25 January 2018, Padang, Indonesia. doi: <https://doi.org/10.4108/eai.24-1-2018.2292378>
36. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P., Gornostal, S. (2019). Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (97)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155027>
37. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>

38. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T. et al. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrence and zero-order brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
39. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Biryukov, I. et al. (2021). Devising a self-adjusting zero-order Brown's model for predicting irreversible processes and phenomena. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (113)), 40–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241474>
40. Pospelov, B., Rybka, E., Krainiukov, O., Yashchenko, O., Bezuhla, Y., Bielai, S. et al. (2021). Short-term forecast of fire in the premises based on modification of the Brown's zero-order model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 52–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238555>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246421

DEVELOPMENT OF OBJECT STATE EVALUATION METHOD IN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS (p. 54–63)

Yurii Zhuravskiy

Zhytomyr Military Institute named after S. P. Koroliou, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-9732>

Oleg Sova

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

Serhii Korobchenko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7650-5935>

Vitaliy Baginsky

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3557-1084>

Yurii Tsimura

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6269-3821>

Leonid Kolodiichuk

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8514-0541>

Pavlo Khomenko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8543-1971>

Nataliia Garashchuk

Military Unit A1906, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4868-1912>

Olena Orobinska

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8386-8053>

Andrii Shyshatskyi

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

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

Accurate and objective object analysis requires multi-parameter estimation with significant computational costs. A methodological approach to improve the accuracy of assessing the state of the monitored object is proposed. This methodological approach is based on a combination of fuzzy cognitive models, advanced genetic algorithm and evolving artificial neural networks. The methodological approach has the following sequence of actions: building a fuzzy cognitive model; correcting the fuzzy cognitive model and training knowledge bases. The distinctive features of the methodological approach are that the type of data uncertainty and noise is taken into account while constructing the state of the monitored object using fuzzy cognitive models. The novelties while correcting fuzzy cognitive models using a genetic algorithm are taking into account the type of data uncertainty, taking into account the adaptability of individuals to iteration, duration of the existence of individuals and topology of the fuzzy cognitive model. The advanced genetic algorithm increases the efficiency of correcting factors and the relationships between them in the fuzzy cognitive model. This is achieved by finding solutions in different directions by several individuals in the population. The training procedure consists in learning the synaptic weights of the artificial neural network, the type and parameters of the membership function and the architecture of individual elements and the architecture of the artificial neural network as a whole. The use of the method allows increasing the efficiency of data processing at the level of 16–24 % using additional advanced procedures. The proposed methodological approach should be used to solve the problems of assessing complex and dynamic processes characterized by a high degree of complexity.

Keywords: decision support system, artificial neural networks, genetic algorithm, population.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1, 35–39. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2015_1_7
2. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
3. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
4. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 78–89. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
5. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>

6. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Y., Trotsko, O., Neroznak, Y. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5583–5590. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatce/2020/206942020>
7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O. et. al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
8. Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellectual'nye tekhnologii identifikatsii: nechyotkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnitsa: "UNIVERSUM", 320. Available at: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Rotshtejn_1999_320.pdf
9. Alpeeva, E. A., Volkova, I. I. (2019). The use of fuzzy cognitive maps in the development of an experimental model of automation of production accounting of material flows. *Russian Journal of Industrial Economics*, 12 (1), 97–106. doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
10. Zgranovskaya, A. V., Eissner, Y. N. (2017). Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Modern economics: problems and solutions*, 10 (94), 33–47. doi: <https://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
11. Simankov, V. S., Putyato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. *Perspektivy razvitiya informatsionnyh tekhnologiy*, 13, 31–35. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20892185>
12. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
13. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
14. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
15. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
16. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
17. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
18. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Váncza, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
19. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
20. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. doi: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
21. Gorelova, G. V. (2013). Cognitive approach to simulation of large systems. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 3, 239–250. Available at: <http://old.izv-tn.tti.sfedu.ru/wp-content/uploads/2013/3/32.pdf>
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. Emel'yanov, V. V., Kureychik, V. V., Kureychik, V. M., Emel'yanov, V. V. (2003). *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya*. Moscow: Fizmatlit, 432.
25. 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>
26. 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>
27. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
28. 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>
29. 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247648

BREED RECOGNITION AND ESTIMATION OF LIVE WEIGHT OF CATTLE BASED ON METHODS OF MACHINE LEARNING AND COMPUTER VISION (p. 64–74)

Oleksandr Bezsonov

Kharkiv National University of Radio Electronic, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6104-4275>

Oleh Lebediev

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5998-0136>

Valentyn Lebediev

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0095-7481>

Yuriy Megel

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of
 Agriculture, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0072-0756>

Dmytro Prochukhan

Kharkiv Computer Technology Professional College of the National
 Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4622-1015>

Oleg Rudenko

Kharkiv National University of Radio Electronics,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0859-2015>

A method of measuring cattle parameters using neural network methods of image processing was proposed. To this end, several neural network models were used: a convolutional artificial neural network and a multilayer perceptron. The first is used to recognize a cow in a photograph and identify its breed followed by determining its body dimensions using the stereopsis method. The perceptron was used to estimate the cow's weight based on its breed and size information. Mask RCNN (Mask Regions with CNNs) convolutional network was chosen as an artificial neural network.

To clarify information on the physical parameters of animals, a 3D camera (Intel RealSense D435i) was used. Images of cows taken from different angles were used to determine the parameters of their bodies using the photogrammetric method.

The cow body dimensions were determined by analyzing animal images taken with synchronized cameras from different angles. First, a cow was identified in the photograph and its breed was determined using the Mask RCNN convolutional neural network. Next, the animal parameters were determined using the stereopsis method. The resulting breed and size data were fed to a predictive model to determine the estimated weight of the animal.

When modeling, Ayrshire, Holstein, Jersey, Krasnaya Stepnaya breeds were considered as cow breeds to be recognized. The use of a pre-trained network with its subsequent training applying the SGD algorithm and Nvidia GeForce 2080 video card has made it possible to significantly speed up the learning process compared to training in a CPU.

The results obtained confirm the effectiveness of the proposed method in solving practical problems.

Keywords: image processing, convolutional network, multilayer perceptron, stereopsis, predictive model.

References

1. Tasdemir, S., Urkmez, A., Inal, S. (2011). Determination of body measurements on the Holstein cows using digital image analysis and estimation of live weight with regression analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76 (2), 189–197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.02.001>
2. Celik, S., Eyduran, E., Karadas, K., Tariq, M. M. (2017). Comparison of predictive performance of data mining algorithms in predicting body weight in Mengali rams of Pakistan. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (11), 863–872. doi: <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017001100005>
3. McNitt, J. I. (1983). *Livestock Husbandry Techniques*. London: Granada publishing company limited, 288.
4. Adamczyk, K., Molenda, K., Szarek, J., Skrzyński, G. (2005). Prediction of Bulls'slaughter Value From Growth Data Using Artificial Neural Network. *Journal of Central European Agriculture*, 6 (2), 133–142. Available at: https://www.academia.edu/22135262/Prediction_of_BullsSlaughter_Value_From_Growth_Data_Using_Artificial_Neural_Network_Przewidywanie_Warto%C5%9Bci_Rze%C5%Banej
5. Akkol, S., Akilli, A., Cemal, İ. (2017). Comparison of Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression for Prediction of Live Weight in Hair Goats. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 21–29. doi: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.263968>
6. Khorshidi-Jalali, M., Mohammadabadi, M. R., Esmailzadeh, A., Barazandeh, A., Babenko, O. I. (2019). Comparison of Artificial Neural Network and Regression Models for Prediction of Body Weight in Raini Cashmere Goat. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9 (3), 453–461. Available at: http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_66754_3_108967f61ea69baf983318670f81ffd.pdf
7. Nicolas, F. F. C., Saludes, R. B., Relativo, P. L. P., Saludes, T. A. (2018). Estimating live weight of philippine dairy buffaloes (*bubalus bubalis*) using digital image analysis. *Philipp J Vet Anim Sci*, 44 (2), 129–138. Available at: <https://www.pjvas.org/index.php/pjvas/article/view/207/183>
8. Shahinfar, S., Mehrabani-Yeganeh, H., Lucas, C., Kalhor, A., Kazemi-an, M., Weigel, K. A. (2012). Prediction of Breeding Values for Dairy Cattle Using Artificial Neural Networks and Neuro-Fuzzy Systems. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2012, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/127130>
9. Ali, M., Eyduran, E., Tariq, M. M., Tirink, C., Abbas, F., Bajwa, M. A. et. al. (2015). Comparison of artificial neural network and decision tree algorithms used for predicting live weight at post weaning period from some biometrical characteristics in Harnai sheep. *Pakistan J. Zool.*, 47 (6), 1579–1585. Available at: [http://zsp.com.pk/pdf47/1579-1585%20\(10\)%20QPJZ-0146-2015%2014-7-15%20REVISEDVERSION_FINAL.pdf](http://zsp.com.pk/pdf47/1579-1585%20(10)%20QPJZ-0146-2015%2014-7-15%20REVISEDVERSION_FINAL.pdf)
10. Mortensen, A. K., Lisouski, P., Ahrendt, P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 319–326. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>
11. Raja, T. V., Ruhil, A. P., Gandhi, R. S. (2011). Comparison of connectionist and multiple regression approaches for prediction of body weight of goats. *Neural Computing and Applications*, 21 (1), 119–124. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-011-0637-z>
12. Salawu, E. O., Abdulaheem, M., Shoyombo, A., Adepeju, A., Davies, S., Akinsola, O., Nwagu, B. (2014). Using Artificial Neural Network to Predict Body Weights of Rabbits. *Open Journal of Animal Sciences*, 04 (04), 182–186. doi: <https://doi.org/10.4236/ojas.2014.44023>
13. Szyndler-Nędza, M., Eckert, R., Blicharski, T., Tyra, M., Prokowski, A. (2016). Prediction of Carcass Meat Percentage in Young Pigs Using Linear Regression Models and Artificial Neural Networks. *Annals of Animal Science*, 16 (1), 275–286. doi: <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0057>
14. Wang, Y., Yang, W., Winter, P., Walker, L. (2008). Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*, 100 (1), 117–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.08.008>

15. Wu, J., Tillett, R., McFarlane, N., Ju, X., Siebert, J. P., Schofield, P. (2004). Extracting the three-dimensional shape of live pigs using stereo photogrammetry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44 (3), 203–222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.05.003>
16. Wongsriworaphon, A., Arnonkijpanich, B., Pathumnakul, S. (2015). An approach based on digital image analysis to estimate the live weights of pigs in farm environments. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 26–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.05.004>
17. Yilmaz, H. M., Yakar, M., Yildiz, F. (2008). Digital Photogrammetry in Obtaining of 3D Model Data of Irregular Small Objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Beijing, 125–130. Available at: https://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/3b_pdf/23.pdf
18. Radwan, H., Qaliouby, H., Elfadl, E. (2020). Classification and prediction of milk yield level for Holstein Friesian cattle using parametric and non-parametric statistical classification models. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 7 (3), 429. doi: <https://doi.org/10.5455/javar.2020.g438>
19. Tasdemir, S., Ozkan, I. A. (2019). Ann approach for estimation of cow weight depending on photogrammetric body dimensions. *International Journal of Engineering and Geosciences*. doi: <https://doi.org/10.26833/ijeg.427531>
20. Cooper, M. A. R., Robson, S. (1996). Theory of Close Range Photogrammetry. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, 9–51.
21. Yilmaz, H. M. (2010). Close range photogrammetry in volume computing. *Experimental Techniques*, 34 (1), 48–54. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2009.00476.x>
22. Yakar, M., Yilmaz, H. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Beijing, 119–124. Available at: https://www.isprs.org/proceedings/xxxvii/congress/3b_pdf/22.pdf
23. Hartley, R., Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511811685>
24. Bradski, G., Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media, 580.
25. LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., Jackel, L. D. (1989). Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition. *Neural Computation*, 1 (4), 541–551. doi: <https://doi.org/10.1162/neco.1989.1.4.541>
26. LeCun, Y., Bengio, Y. (1995). Convolutional networks for images, speech, and time series. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 255–258.
27. Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). doi: <https://doi.org/10.1109/iccv.2015.169>
28. Wang, J., Ye, Z. (2018). An improved faster R-CNN approach for robust hand detection and classification in sign language. Tenth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2018). doi: <https://doi.org/10.1117/12.2503080>
29. He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., Girshick, R. (2017). Mask R-CNN. 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). doi: <https://doi.org/10.1109/iccv.2017.322>
30. Nair, V., Hinton, G. E. (2010). Rectified linear units improve restricted Boltzmann machines. *Proceedings of the 27 th International Conference on Machine Learning*.
31. Zhang, Z. (2016). Derivation of Backpropagation in Convolutional Neural Network (CNN). Available at: [https://zzutk.github.io/docs/reports/2016.10%20-%20Derivation%20of%20Backpropagation%20in%20Convolutional%20Neural%20Network%20\(CNN\).pdf](https://zzutk.github.io/docs/reports/2016.10%20-%20Derivation%20of%20Backpropagation%20in%20Convolutional%20Neural%20Network%20(CNN).pdf)
32. Raimi, B. K. (2015). 10 Gradient Descent Optimisation Algorithms + Cheat Sheet. Available at: <https://www.kdnuggets.com/2019/06/gradient-descent-algorithms-cheat-sheet.html>
33. Rudenko, O., Bezsonov, O., Oliinyk, K. (2020). First-Order Optimization (Training) Algorithms in Deep Learning. *Proceedings of the 4th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2020)*. Volume I: Main Conference. Lviv, 921–935. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2604/paper61.pdf>
34. Mask R-CNN for object detection and instance segmentation on Keras and TensorFlow. Available at: https://github.com/matterport/Mask_RCNN
35. Image augmentation for machine learning experiments. Available at: <https://github.com/aleju/imgaug>

АНОТАЦІЇ
INFORMATION AND CONTROLLING SYSTEM

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248978

РОЗРОБКА ЛАВИННОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ СІТЧАСТОЇ МЕРЕЖІ BLUETOOTH МІЖ З'ЄДНАННЯМ ВУЗЛІВ ДЖЕРЕЛО-ОДЕРЖУВАЧ В БЕЗДРОВОТИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ (с. 6–14)

Shaymaa Kadhim Mohsin, Mayssoon A. Mohammed, Helaa Mohammed Yassien

Bluetooth використовує частоту 2,4 ГГц в ISM-діапазоні (діапазон частот для промислових, наукових та медичних цілей), які він розділяє з іншими технологіями бездротових операційних систем, такими як ZigBee та WLAN. Структура ядра Bluetooth являє собою низькошвидкісну бездротову персональну мережу з низьким енергоспоживанням і підтримує з'єднання «точка-точка» або «точка-багаточка». Метою дослідження є розробка лавинної маршрутизації сітчастої мережі Bluetooth та оцінка коефіцієнта доставки пакетів в бездротових сенсорних мережах для моделювання асинхронних передач, включаючи візуальне представлення сітчастої мережі, статистики по вузлах, та коефіцієнт доставки пакетів (PDR). У роботі надається платформа для створення мереж Bluetooth шляхом аналізу лавинної маршрутизації мережевих рівнів та налаштування архітектури багатовузлової мережі Bluetooth. Для оцінки ефективності лавинної маршрутизації мережі було представлено п'ять сценаріїв моделювання. Ці сценарії були виконані на площі 200'200 метрів, включаючи 81 випадково розподілений вузол з різними конфігураціями ретрансляційних/кінцевих вузлів та з'єднанням вузлів джерело-одержувач. Результати показують, що запропонований підхід дозволяє створити шлях між вузлом-джерелом і вузлом-одержувачем у сітчастій мережі випадково розподілених кінцевих і ретрансляційних вузлів з використанням середовища MATLAB. Результати включають розрахунок ймовірності встановлення з'єднання між двома вузлами на основі методу Монте-Карло, яка склала 88,7428 %, в той час як середня кількість стрибків між цими вузлами склала 8. Грунтуючись на проведеному опитуванні, це перше дослідження, в якому вивчається та демонструється лавинна маршрутизація сітчастої мережі Bluetooth та оцінюється коефіцієнт доставки пакетів в бездротових сенсорних мережах.

Ключові слова: Bluetooth, лавинна маршрутизація сітчастої мережі, коефіцієнт доставки пакетів, бездротові сенсорні мережі, мережеве моделювання, розподільник положення вузлів (NPA), алгоритм Монте-Карло.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249474

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ПЕРЕМИКАННЯ І МНОЖИННОГО ДОСТУПУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТИ ПАКЕТІВ І МЕРЕЖЕВИХ ВТРАТ У БАРП (с. 15–23)

Saif Mohammed Ali, Haider Mshali, Amer S. Elameer, Mustafa Musa Jaber, Sura Khalil Abd

В якості ефективного простого бездротового еквівалента, який створений у телекомунікаційній (телефонній) індустрії, режим бездротової асинхронної передачі (БАРП) використовується для потокової передачі уніфікованих потоків, таких як відео, дані та голосові дані. У режимі асинхронної передачі голосові дані передають пакет з одним і тим же середовищем, а дані спільно використовують мережі та пакетні дані. Ефективна передача даних БАРП вимагає великого набору конструкцій, методів, що використовуються для управління та методологій моделювання. Перевантаження мережі – одна з основних проблем, які знижують загальну продуктивність БАРП під час цієї процедури, на додаток до затримки в осередку та перевантаження трафіку. Перевантаження викликають втрату осередків, і для цього потрібні дорогі комутатори, порівняно з LAN. Отже, у цьому дослідженні застосовується ефективна модель перемикання разом із механізмом управління, який має множинний доступ. Процес множинного доступу та модель перемикання використовуються для створення ефективного процесу спільного використання даних із мінімальною складністю. Модель комутації використовує синхронні вхідні та вихідні порти з буферизацією для забезпечення процесу обміну даними. Трафік у мережі зменшується, а втрата пакетів у осередках ефективно зводиться до мінімуму за допомогою запропонованого методу. Система, що обговорюється, використовується з використанням програмного забезпечення, що використовується з використанням моделювання OPNET 10.5, з відповідною оцінкою БАРП та результатами досліджень. Ефективність системи оцінюється за пропускну здатністю, затримкою, значенням ймовірності втрати осередків, службової мережі та втрати пакетів. Таким чином, система забезпечує мінімальну втрату пакетів (0,1%) та високу швидкість передачі даних (96,6%).

Ключові слова: асинхронний режим, затримка, навантаження, модель комутації та швидкість передачі даних.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246556

НЕЧІТКИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ КОГНІТИВНОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ ОБ'ЄКТА В ГЕОГРАФІЧНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ (с. 24–31)

С. Д. Кузнiченко, І. В. Бучинська

Роботу присвячено проблемі інтерпретації нечіткої семантики когнітивних описів просторових відносин на природній мові, і їх візуалізації в географічній інформаційній системі (ГІС). Розглянуто вирішення задачі визначення нечіткого просторового розташування об'єкта на основі розпливчастих описів спостерігача на природній мові. Завдання актуальне в критичних ситуаціях, коли немає можливості повідомити точні координати об'єкта спостереження, окрім як, описавши його розташування відносно самого спостерігача. Подібна ситуація може бути наслідком скоєного злочину, терористичного акту чи стихійного лиха. Спостерігач, який

опинився на місці подій, надсилає текстове повідомлення, що представляє собою опис розташування об'єкта або місця (наприклад, місця скоєння злочину, місця розташування небезпечних об'єктів, місце катастрофи). З текстового повідомлення надалі може бути вилучена семантика просторового розташування об'єкта.

Запропонований нечіткий підхід ґрунтується на формалізації фраз спостерігача, якими він може описувати просторові відносини, у вигляді набору лінгвістичних змінних, що визначають напрямок і відстань до об'єкта. Наведені приклади функцій належності для лінгвістичних змінних.

Просторова база знань будується на основі фраз спостерігачів і відповідних їм нечітких регіонів. Розроблено алгоритми побудови когнітивних регіонів в ГС. Запропоновано методи накладення когнітивних регіонів для отримання підсумкового нечіткого регіону розташування об'єкта. Розглянуто приклад реалізації нечіткої моделі виділення когнітивних регіонів на основі розпливчастих описів декількох спостерігачів, виконаної за допомогою розроблених скриптів Python, інтегрованих в ArcGIS 10.5.

Ключові слова: когнітивний опис просторових відносин, просторове моделювання, нечітка логіка, географічна інформаційна система.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248624

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА КАР'ЄРІ З АДАПТИВНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ВІДЕОПОСЛІДОВНОСТІ (с. 32–46)

Ю. О. Подчашинський, О. О. Лугових, В. В. Ципоренко, В. Г. Ципоренко

Запропоновано метод та структурну схему інформаційно-вимірювальної системи для визначення параметрів руху об'єктів (технологічного обладнання на кар'єрі з видобування блочного природного каменю). Відмінною особливістю часових відеопослідовностей, що містять зображення об'єктів вимірювань, є їх адаптація та налаштування відповідно до інтенсивності руху та точніших вимог до результатів вимірювань. Також застосовано структурні та програмно-алгоритмічні методи підвищення точності вимірювань параметрів руху, а саме: комплексування двох вимірювальних каналів та експоненційне згладжування цифрових відліків. Один з вимірювальних каналів побудовано на основі цифрової відеокамери, другий – на основі акселерометра, закріпленого на об'єкті, та двох інтеграторів. Експоненційне згладжування дозволяє врахувати попередні відліки параметрів руху з ваговими коефіцієнтами. Це забезпечує врахування наявних закономірностей руху об'єкта та зменшення похибок при вимірюванні параметрів руху у (1,4...1,6) разів.

Отримані рішення реалізовані у вигляді інформаційно-вимірювальної системи. Експериментально досліджено технологічний процес отримання блоків природного каменю на кар'єрі з використанням алмазно-канатної установки. На основі безконтактного вимірювання параметрів руху можна забезпечити контроль за цим процесом та підвищення якості блоків з природного каменю.

На основі експериментального дослідження похибок вимірювань надано рекомендації з вибору адаптивних параметрів відеопослідовності, а саме розміру зображень та величини міжкадрового інтервалу. Також здійснено вибір методів програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації, а саме експоненційного згладжування та усереднення координат контуру об'єкта, виміряних у 30 суміжних рядках зображення.

Ключові слова: параметри руху, програмно-алгоритмічна обробка вимірювальної відеоінформації, експоненційне згладжування, комплексування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244623

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОМИЛОК ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ З НЕВИЗНАЧЕНОЮ ДИНАМІКОЮ І ШУМАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ САМОНАСТРОЮВАЛЬНОЮ МОДЕЛЛЮ БРАУНА НУЛЬОВОГО ПОРЯДКУ (с. 47–53)

Б. Б. Поспелов, Є. О. Рибка, М. А. Самойлов, О. М. Крайнюков, Ю. Л. Кульбачко, Ю. С. Безугла, О. М. Роянов, С. В. Гришко, І. А. Кривицька, В. М. Іванова

Виконано дослідження помилок прогнозування процесів в умовах невизначеності динаміки і шумів спостереження самонастроювальною моделлю Брауна нульового порядку. Визначено тестові моделі динаміки для прогнозованих процесів і шумів спостереження, що дозволяють досліджувати помилки прогнозування для самонастроювальної і адаптивної моделей. Тестова динаміка процесів визначалася у вигляді відеоімпульсу прямокутної форми з фіксованою одиничною амплітудою, радіоімпульсу гармонійного процесу з затухаючої по експоненті амплітудою, а також відеоімпульсу зі зростаючою за експоненціальним законом амплітудою. В якості моделі шумів спостереження розглядався адитивний дискретний процес Гауса з нульовим середнім і варіюваним значенням середньоквадратичного відхилення. Встановлено, що для малих значень середньоквадратичного відхилення шумів спостереження самонастроювальна модель в умовах невизначеності динаміки забезпечує меншу помилку прогнозу процесу. Для тестової стрибкоподібної динаміки процесу дисперсія помилки прогнозу склала менше 1%. При цьому для адаптивної моделі при параметрі адаптації з класичної і позамежної множини дисперсія помилки склала близько 20% і 5% відповідно. При значних шумах спостереження дисперсія помилки прогнозу тестової динаміки процесів для самонастроювальної і адаптивної моделі при параметрі з класичної множини лежать в межах від 1% до 20%. Однак для адаптивної моделі при параметрі з позамежної множини дисперсія помилки прогнозу виявляється близькою до 100% для всіх тестових моделей. Встановлено, що зі збільшенням середнього квадратичного відхилення шумів спостереження відбувається значне маскування прогнозованої тестової динаміки процесів, що приводить до збільшення дисперсії помилки прогнозу самонастроювальною моделлю. Це є платою за прогнозування процесів з невизначеною динамікою і шумами спостереження.

Ключові слова: самонастроювальна модель Брауна нульового порядку, помилки прогнозування, невизначеність динаміки, шуми спостереження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246421**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ ОБ'ЄКТУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (с. 54–63)****Ю. В. Журавський, О. Я. Сова, С. О. Коробченко, В. А. Багінський, Ю. В. Цімура, Л. В. Колодійчук, П. В. Хоменко, Н. П. Гаращук, О. О. Оробінська, А. В. Шишацький**

Точний та об'єктивний аналіз об'єкту вимагає багатопараметричної оцінки зі значними обчислювальними витратами. Запропоновано методичний підхід для підвищення точності оцінювання стану об'єкту моніторингу. Зазначений методичний підхід заснований на поєднанні нечітких когнітивних моделей, удосконаленого генетичного алгоритму та штучних нейронних мереж, що еволюціонують. Методичний підхід має наступну послідовність дій: побудова нечіткої когнітивної моделі; корегування нечіткої когнітивної моделі та навчання баз знань. Відмінні риси методичного підходу полягають в тому, що при побудові стану об'єкту моніторингу за допомогою нечітких когнітивних моделей враховується тип невизначеності та зашумленості даних. При корегуванні нечітких когнітивних моделей за допомогою генетичного алгоритму новизною є: врахування типу невизначеності даних; врахування пристосованості особин на ітерації; тривалості існування особин та топології нечіткої когнітивної моделі. Удосконалений генетичний алгоритм підвищує оперативність корегування факторів та зв'язків між ними в нечіткій когнітивній моделі. Це досягається за рахунок пошуку рішення в різних напрямках декількома особинами зі складу популяції. Процедура навчання полягає в тому, що відбувається навчання синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому. Використання методу дозволяє досягти підвищення оперативності обробки даних на рівні 16–24 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур. Запропонований методичний підхід доцільно використовувати для вирішення задач оцінки складних та динамічних процесів, що характеризуються високим ступенем складності.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, штучні нейронні мережі, генетичний алгоритм, популяція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247648**РОЗПІЗНАВАННЯ ПОРОДИ І ОЦІНКА ЖИВОЇ ВАГИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ І КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ (с. 64–74)****О. О. Безсонов, В. О. Лебедев, О. Г. Лебедев, Ю. Є. Мегель, Д. В. Прочухан, О. Г. Руденко**

Запропонований спосіб вимірювання параметрів великої рогатої худоби з використанням нейромережових методів обробки зображень. Для цього застосовуються декілька нейромережових моделей: згортова штучна нейронна мережа, а також багатопараметровий перцептрон. Перша використовується для розпізнавання корови на фотографії і ідентифікації її породи з подальшим визначенням розмірів її тіла за допомогою методу стереопсиса. Перцептрон застосовується для оцінювання маси корови на основі інформації про її породу і розміри. В якості штучної нейронної мережі обрано згортову мережу Mask RCNN (Mask Regions With CNNs).

Для уточнення інформації про фізичні параметри тварин додатково використовується 3D камера (Intel RealSense D435i). Зображення корів, знятих під різними кутами, застосовувалися для визначення параметрів їх тіл за допомогою фотограмметричного методу.

Розміри тіла корови визначаються з аналізу зображень тварин, зроблених синхронізованими камерами з різних сторін. Спочатку на зображенні ідентифікується корова і визначається її порода за допомогою згорткової нейронної мережі mask-rcnn. Потім параметри тварини визначаються за допомогою методу стереопсиса. Отримані дані про породу і розміри подаються на прогнозуючу модель, яка визначає передбачувану масу тварини.

При моделюванні в якості порід корів, що розпізнавалися, розглядалися породи Айршірська, Голштинська, Джерсейська, Червона степова. Використання переднавченої мережі з подальшим її донавчанням за допомогою алгоритму SGD і використанням відеокарти Nvidia GeForce 2080 (США) дозволило значно прискорити процес навчання в порівнянні з навчанням на CPU.

Отримані результати підтверджують ефективність застосування запропонованого методу для вирішення практичних завдань.

Ключові слова: обробка зображень, згортова мережа, багатопараметровий перцептрон, стереопсис, прогнозуюча модель, навчання.