

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337915

AUTOMATED EXTRACTION OF KEY PARAMETERS AND DETECTION OF INCONSISTENCIES IN CLINICAL DOCUMENTATION USING LARGE LANGUAGE MODELS (p. 6–14)

Vitaliy Horlatch

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5401-1731>

Vasyl Pasichnyk

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3738-6629>

This study investigates unstructured text data on clinical trials. The task addressed relates to the fact that analyzing such data involves a laborious and error-prone process, hard-to-tackle even for specialists. In turn, this leads to an increase in the duration of studies and delays in the release of new drugs to the market.

This work reports an approach to constructing a dataset on clinical trials, as well as subsequent extraction of key information using state-of-the-art large language models. A study was conducted on extracting such indicators as the eligible gender of participants, a research phase, as well as the study's therapeutic area. A total of 11,703 experiments were performed, most of which achieved high results. In particular, the average values when using the GPT-4o-mini model were as follows: F1-measure – 0.92; accuracy – 0.98; recall – 0.99; precision – 0.87.

Extraction of information from clinical documentation in Ukrainian demonstrated similar results compared to English-language counterparts. In some cases, a significant number of false positives were observed, and the indicators were significantly lower (the lowest recorded values: F1-measure – 0.52; accuracy – 0.82; recall – 0.78; precision – 0.35). For such cases, the reasons were analyzed, and the corresponding conclusions and recommendations were formulated.

In addition, the results of the experiments helped identify a number of discrepancies and errors in official registries, which is a vivid example of practical application. Other examples of using the result are the possibility of scaling the technology to additional data types, as well as supporting digital transformation in the medical field. Such results are prerequisites for automating the clinical trial process and accelerating the release of new drugs to the market.

Keywords: clinical trials, large language models, clinical documentation, data mining.

References

- Cascini, F., Beccia, F., Causio, F. A., Melnyk, A., Zaino, A., Ricciardi, W. (2022). Scoping review of the current landscape of AI-based applications in clinical trials. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.949377>
- Kreimeyer, K., Foster, M., Pandey, A., Arya, N., Halford, G., Jones, S. F. et al. (2017). Natural language processing systems for capturing and standardizing unstructured clinical information: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.07.012>
- Alexander, M., Solomon, B., Ball, D. L., Sheerin, M., Dankwa-Mullan, I., Preininger, A. M. et al. (2020). Evaluation of an artificial intelligence clinical trial matching system in Australian lung cancer patients. *JAMIA Open*, 3 (2), 209–215. <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooaa002>
- Liu, X., Hersch, G. L., Khalil, I., Devarakonda, M. (2021). Clinical Trial Information Extraction with BERT. 2021 IEEE 9th International Conference on Healthcare Informatics (ICHI). IEEE, 505–506. <https://doi.org/10.1109/ichi52183.2021.00092>
- Li, J., Wei, Q., Ghiasvand, O., Chen, M., Lobanov, V., Weng, C., Xu, H. (2022). A comparative study of pre-trained language models for named entity recognition in clinical trial eligibility criteria from multiple corpora. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 22 (S3). <https://doi.org/10.1186/s12911-022-01967-7>
- Nori, H., Lee, Y. T., Zhang, S., Carignan, D., Edgar, R., Fusi, N. et al. (2023). Can generalist foundation models outcompete special-purpose tuning? Case study in medicine. *arXiv preprint. arXiv:2311.16452*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.16452>
- Lee, J.-M. (2024). Strategies for integrating ChatGPT and generative AI into clinical studies. *Blood Research*, 59 (1). <https://doi.org/10.1007/s44313-024-00045-3>
- Lee, K., Paek, H., Huang, L.-C., Hilton, C. B., Datta, S., Higashi, J. et al. (2024). SEETrials: Leveraging large language models for safety and efficacy extraction in oncology clinical trials. *Informatics in Medicine Unlocked*, 50, 101589. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101589>
- Wong, A., Plasek, J. M., Montecalvo, S. P., Zhou, L. (2018). Natural Language Processing and Its Implications for the Future of Medication Safety: A Narrative Review of Recent Advances and Challenges. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 38 (8), 822–841. <https://doi.org/10.1002/phar.2151>
- Dyyak, I., Horlatch, V., Pasichnyk, T., Pasichnyk, V. (2024). Assessing generative pre-trained transformer 4 in clinical trial inclusion criteria matching. *Proceedings of the CEUR Workshop*, 3702, 305–316. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3702/paper25.pdf>
- Kang, T., Zhang, S., Tang, Y., Hrubby, G. W., Rusanov, A., Elhadad, N., Weng, C. (2017). EliIE: An open-source information extraction system for clinical trial eligibility criteria. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24 (6), 1062–1071. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocx019>
- Zeng, K., Xu, Y., Lin, G., Liang, L., Hao, T. (2021). Automated classification of clinical trial eligibility criteria text based on ensemble learning and metric learning. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21 (S2). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01492-z>
- Kury, F., Butler, A., Yuan, C., Fu, L., Sun, Y., Liu, H. et al. (2020). Chia, a large annotated corpus of clinical trial eligibility criteria. *Scientific Data*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00620-0>
- Thirunavukarasu, A. J., Ting, D. S. J., Elangovan, K., Gutierrez, L., Tan, T. F., Ting, D. S. W. (2023). Large language models in medicine. *Nature Medicine*, 29 (8), 1930–1940. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02448-8>
- Veen, D. V., Uden, C. V., Blankemeier, L., Delbrouck, J.-B., Aali, A., Bluethgen, C. et al. (2023). Clinical Text Summarization: Adapting Large Language Models Can Outperform Human Experts. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3483777/v1>
- Luo, X., Chen, F., Zhu, D., Wang, L., Wang, Z., Liu, H. et al. (2024). Potential Roles of Large Language Models in the Production of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e56780. <https://doi.org/10.2196/56780>
- Datta, S., Lee, K., Paek, H., Manion, F. J., Ofoegbu, N., Du, J. et al. (2023). AutoCriteria: a generalizable clinical trial eligibility criteria extraction system powered by large language models. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31 (2), 375–385. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocad218>
- Kim, J., Quintana, Y. (2022). Review of the Performance Metrics for Natural Language Systems for Clinical Trials Matching. *MEDINFO*

2021: One World, One Health – Global Partnership for Digital Innovation. IOS Press Ebooks, 641–644. <https://doi.org/10.3233/shti220156>

19. Jin, Q., Wang, Z., Floudas, C. S., Chen, F., Gong, C., Bracken-Clarke, D. et al. (2024). Matching patients to clinical trials with large language models. *Nature Communications*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53081-z>
20. Pasichnyk, V. (2025). Datasets of clinical trials in Ukraine. Figshare. Collection. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.7887785.v1>
21. Pasichnyk, V. (2025). Results of key data extraction from clinical trial documentation. Figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29378450>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.344041

DEVISING A COMPREHENSIVE APPROACH TO DIAGNOSING BREAST CANCER SUBTYPES AUTOMATICALLY BASED ON DEEP NEURAL NETWORKS (p. 15–25)

Oleh Berezhsky

West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-4154>

Pavlo Liashchynskyi

West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8371-1534>

Petro Liashchynskyi

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3920-6239>

Petro Selskyi

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University
of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9778-2499>

This study investigates the process of analyzing immunohistochemical images of breast cancer. The study has contributed to solving the task of a standardized and objective approach to the quantitative assessment of immunohistochemical biomarkers, which would minimize inter-individual variability in assessments and could be computationally efficient for the analysis of biomedical images.

This paper aims to balance model complexity and generalization by using evolutionary algorithms to tune deep neural networks for biomedical tasks, analyzing how network structure affects performance.

Experiments were conducted on the segmentation of immunohistochemical images on 13 different architectures of neural networks. The evaluation was performed using five accuracy metrics, which allowed for an objective comparison of model performance. The use of a genetic algorithm to optimize the neural network architecture made it possible to adaptively find combinations of parameters, in particular the number of layers and the size of the base filter. The evolutionary approach enabled effective exploration of configuration space, which led to an increase in the Dice metric to 0.74. The resulting increase in accuracy indicates the model's improved ability to segment images with different characteristics, demonstrating the practical effectiveness of the proposed approach for biomedical diagnosis tasks.

The optimized architecture was used to design a system for diagnosing breast cancer automatically based on neural networks, in particular for the method of automatic diagnosis of breast cancer subtypes. That contributed to improving the accuracy of biomedical image analysis, which could help improve the diagnostic process in clinical practice.

Keywords: Attention U-Net, genetic algorithm, neural network architecture optimization, IHC images, biomedical image segmentation, automatic diagnosing of breast cancer.

References

1. Hamet, P., Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
2. Briganti, G., Le Moine, O. (2020). Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow. *Frontiers in Medicine*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>
3. Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M. et al. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
4. Srikantamurthy, M. M., Rallabandi, V. P. S., Dudekula, D. B., Natarajan, S., Park, J. (2023). Classification of benign and malignant subtypes of breast cancer histopathology imaging using hybrid CNN-LSTM based transfer learning. *BMC Medical Imaging*, 23 (1). <https://doi.org/10.1186/s12880-023-00964-0>
5. Al-Jabbar, M., Alshahrani, M., Senan, E. M., Ahmed, I. A. (2023). Analyzing Histological Images Using Hybrid Techniques for Early Detection of Multi-Class Breast Cancer Based on Fusion Features of CNN and Handcrafted. *Diagnostics*, 13 (10), 1753. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13101753>
6. Miranda Ruiz, F., Lahrmann, B., Bartels, L., Krauthoff, A., Keil, A., Härtel, S. et al. (2023). CNN stability training improves robustness to scanner and IHC-based image variability for epithelium segmentation in cervical histology. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1173616>
7. Zaha, D. C. (2014). Significance of immunohistochemistry in breast cancer. *World Journal of Clinical Oncology*, 5 (3), 382. <https://doi.org/10.5306/wjco.v5.i3.382>
8. Aswathy M. A., Mohan, J. (2020). Analysis of Machine Learning Algorithms for Breast Cancer Detection. *Handbook of Research on Applications and Implementations of Machine Learning Techniques*, 1–20. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9902-9.ch001>
9. Nabok, A. I. (2023). Prevalence and incidence of breast cancer in Ukraine. *Wiadomości Lekarskie*, 76 (10), 2219–2223. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Serhii-Tertyshnyi/publication/375025887_WL_Layout_10_2023/links/653bdaf73cc79d48c5b14c25/WL-Layout-10-2023.pdf#page=93
10. Siegel, R. L., Kratzer, T. B., Giaquinto, A. N., Sung, H., Jemal, A. (2025). Cancer statistics, 2025. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 75 (1), 10–45. <https://doi.org/10.3322/caac.21871>
11. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, 234–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
12. Polley, M.-Y. C., Leung, S. C. Y., McShane, L. M., Gao, D., Hugh, J. C., Mastropasqua, M. G. et al. (2013). An International Ki67 Reproducibility Study. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 105 (24), 1897–1906. <https://doi.org/10.1093/jnci/djt306>
13. Kumar, N., Gupta, R., Gupta, S. (2020). Whole Slide Imaging (WSI) in Pathology: Current Perspectives and Future Directions. *Journal of Digital Imaging*, 33 (4), 1034–1040. <https://doi.org/10.1007/s10278-020-00351-z>
14. Siddique, N., Paheding, S., Elkin, C. P., Devabhaktuni, V. (2021). U-Net and Its Variants for Medical Image Segmentation: A Review of Theory and Applications. *IEEE Access*, 9, 82031–82057. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3086020>
15. Mehta, R., Arbel, T. (2019). 3D U-Net for Brain Tumour Segmentation. *Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries*, 254–266. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11726-9_23
16. Chen, W., Liu, B., Peng, S., Sun, J., Qiao, X. (2019). S3D-UNet: Separable 3D U-Net for Brain Tumor Segmentation. *Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries*, 358–368. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11726-9_32
17. Benny, S., Varma, S. L. (2021). Semantic Segmentation in Immunohistochemistry Breast Cancer Image using Deep Learning.

- 2021 International Conference on Advances in Computing, Communication, and Control (ICAC3), 1–3. <https://doi.org/10.1109/icac353642.2021.9697264>
18. Benny, S., Varma, S. L. (2023). Attention-enhanced residual U-Net for nucleus segmentation in immunohistochemistry images. *International Journal of Applied Engineering & Technology*, 5 (4), 1266–1283. Available at: <https://romanpub.com/resources/ijaet20v5-4-2023-138.pdf>
 19. Mahanta, L. B., Hussain, E., Das, N., Kakoti, L., Chowdhury, M. (2021). IHC-Net: A fully convolutional neural network for automated nuclear segmentation and ensemble classification for Allred scoring in breast pathology. *Applied Soft Computing*, 103, 107136. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107136>
 20. Kromp, F., Fischer, L., Bozsaky, E., Ambros, I. M., Dorr, W., Beiske, K. et al. (2021). Evaluation of Deep Learning Architectures for Complex Immunofluorescence Nuclear Image Segmentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 40 (7), 1934–1949. <https://doi.org/10.1109/tmi.2021.3069558>
 21. Xu, S., Li, G., Song, H., Wang, J., Wang, Y., Li, Q. (2024). GeNSeg-Net: A General Segmentation Framework for Any Nucleus in Immunohistochemistry Images. *Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Multimedia*, 4475–4484. <https://doi.org/10.1145/3664647.3681441>
 22. Aboudessouki, A., Ali, Kh. M., Elsharkawy, M., Alksas, A., Mahmoud, A., Khalifa, F. et al. (2023). Automated Diagnosis of Breast Cancer Using Deep Learning-Based Whole Slide Image Analysis of Molecular Biomarkers. *2023 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. <https://doi.org/10.1109/icip49359.2023.10222479>
 23. Tkachova, O. V., Melnyk, H. M., Pitsun, O. Y., Datsko, T. V., Klishech, I. M., Derysh, B. B. (2023). A. s. No. 118979. Baza danykh tsyfrovyykh imunohistokhimichnykh zobrazhen raku molochnoi zalozy «IHCDBI». declared: 10.05.2023; published: 31.07.2023, Bul. No. 76.
 24. Huynh, N. (2023). Understanding evaluation metrics in Medical Image Segmentation. Available at: <https://medium.com/mastering-data-science/understanding-evaluation-metrics-in-medical-image-segmentation-d289a373a3f>
 25. WBRT pislia BCS. Rak molochnoi zalozy na rannikh stadiyakh: Klinichna nastanova, zasnovana na dokazakh (2024). Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy, 27–28. Available at: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/kn_2025_rannij-rmz.pdf
 26. Berezsky, O., Pitsun, O., Melnyk, G., Datsko, T., Izonin, I., Derysh, B. (2023). An Approach toward Automatic Specifics Diagnosis of Breast Cancer Based on an Immunohistochemical Image. *Journal of Imaging*, 9 (1), 12. <https://doi.org/10.3390/jimaging9010012>
 27. Cardoso, F., Kyriakides, S., Ohno, S., Penault-Llorca, F., Poortmans, P., Rubio, I. T. et al. (2019). Early breast cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology*, 30 (8), 1194–1220. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdz173>
 28. Liashchynskyi, P. B., Berezsky, O. M. (2024). Computer diagnostic systems: methods and tools. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 6 (2), 57–63. <https://doi.org/10.23939/ujit2024.02.057>
 29. Berezsky, O. M., Liashchynskyi, P. B. (2024). Development of the architecture of a computer aided diagnosis system in medicine. *Applied Aspects of Information Technology*, 7 (4), 359–369. <https://doi.org/10.15276/aait.07.2024.25>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.332096

IDENTIFYING THE BEST MODELS FOR BISINDO ALPHABET GESTURE CLASSIFICATION TO SUPPORT THE COMMUNICATION NEEDS OF THE DEAF COMMUNITY (p. 26–41)

Ilka Zufria

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Deli Serdang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3915-5133>

Tengku Henny Febriana Harumy
Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1504-5570>

Syahril Efendi
Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3944-5459>

The object of this research is the BISINDO alphabet gestures which are static hand movements used by the Deaf community in Indonesia to communicate, with each letter having a unique hand pattern influenced by culture and regional variations. The problem solved is the accuracy and performance of BISINDO hand gesture classification which is less than optimal due to complex gesture variations and computational limitations on lightweight devices.

This study examines the performance of BISINDO alphabet gesture classification using deep learning models with 4 architectures: VGG-19, ResNet-50, MobileNetV2, and Inception-V3. This object is a collection of images used as a dataset consisting of 10,400 images (7,280 training, 2,080 validation, and 1,040 testing). The results show that the MobileNetV2 and VGG-19 architectures achieve the highest accuracy of 100%, followed by Inception-V3 (99%) and ResNet-50 (98%). The results of this study indicate that the superior performance of MobileNetV2 is due to its efficient depthwise separable convolutional architecture, while the superiority of VGG-19 lies in its very deep architecture and the use of small convolutional filters to capture very detailed hierarchical features of gestures. Meanwhile, Inception-V3 excels thanks to the inception module that captures gesture features at various scales. The results of this performance comparison, MobileNetV2 is the most superior because of its computational efficiency that supports high performance, as well as adaptation to complex variations in BISINDO alphabet gestures. The results of this study can also be applied in the fields of education and communication for the deaf community, especially in embedded applications, thus enabling real-time sign language accessibility.

Keywords: BISINDO, alphabet gestures, performance, CNN, VGG-19, MobileNetV2, ResNet-50, Inception-V3.

References

1. Types of Hearing Loss. American Speech-Language-Hearing Association. Available at: <https://www.asha.org/public/hearing/Types-of-Hearing-Loss>
2. Altariika, E., Sari, W. P. (2023). Pengembangan Deteksi Realtime untuk Bahasa Isyarat Indonesia dengan Menggunakan Metode Deep Learning Long Short Term Memory dan Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 9 (1), 1–13. <https://doi.org/10.37012/jtik.v9i1.1272>
3. Caraka, R. E., Supardi, K., Kurniawan, R., Kim, Y., Gio, P. U., Yuniarto, B., Mubarak, F. Z., Pardamean, B. (2024). Empowering deaf communication: a novel LSTM model for recognizing Indonesian sign language. *Universal Access in the Information Society*, 24 (1), 771–783. <https://doi.org/10.1007/s10209-024-01095-1>
4. Aziz, A. N. (2021). Image Recognition Alfabet Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. Yogyakarta. Available at: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/32137>
5. Shams, M. Y., Hassan, E., Gamil, S., Ibrahim, A., Gabr, E., Gamal, S. et al. (2025). Skin Disease Classification: A Comparison of ResNet50, MobileNet, and Efficient-B0. *Journal of Current Multidisciplinary Research*, 1 (1), 1–7. <https://doi.org/10.21608/jcmr.2025.327880.1002>
6. Reka, S. S., Murthy Voona, V. D., Sai Nithish, P. V., Paavan Kumar, D. S., Venugopal, P., Ravi, V. (2023). Performance Analysis of Deep Convolutional Network Architectures for Classification of Over-Volume Vehicles. *Applied Sciences*, 13 (4), 2549. <https://doi.org/10.3390/app13042549>

7. Younis, H., Obaid, M. (2024). Performance Comparison of Pretrained Deep Learning Models for Landfill Waste Classification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15 (11). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2024.0151166>
8. Sanjaya, S. A., Faustine Ilone, H. (2023). BISINDO Sign Language Recognition: A Systematic Literature Review of Deep Learning Techniques for Image Processing. *Indonesian Journal of Computer Science*, 12 (6). <https://doi.org/10.33022/ijcs.v12i6.3539>
9. Aryananda, I. G. A. O., Samopa, F. (2024). Comparison of the Accuracy of The Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Detection System Using CNN and RNN Algorithm for Implementation on Android. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4 (3), 1111–1119. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i3.1465>
10. Pin, K., Ho Chang, J., Nam, Y. (2022). Comparative Study of Transfer Learning Models for Retinal Disease Diagnosis from Fundus Images. *Computers, Materials & Continua*, 70 (3), 5821–5834. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.021943>
11. Cui, S., Su, Y. L., Duan, K., Liu, Y. (2022). Maize leaf disease classification using CBAM and lightweight Autoencoder network. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14 (6), 7297–7307. <https://doi.org/10.1007/s12652-022-04438-z>
12. Kumar, J. S., Anuar, S., Hassan, N. H. (2022). Transfer Learning based Performance Comparison of the Pre-Trained Deep Neural Networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13 (1). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130193>
13. Mendes, J., Lima, J., Costa, L., Rodrigues, N., Pereira, A. I. (2024). Deep learning networks for olive cultivar identification: A comprehensive analysis of convolutional neural networks. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100470. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100470>
14. Wahyuningsih, W., Nugraha, G. S., Dwiyanaputra, R. (2024). Classification Of Dental Caries Disease In Tooth Images Using A Comparison Of Efficientnet-B0, Mobilenetv2, Resnet-50, Inceptionv3 Architectures. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 5 (4), 177–185. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2024.5.4.2187>
15. Candra, A., Rosmalinda, Intan, T. K., Purnamasari, F., Liyanto, H., Nugraha, A. T., Ewaldo. (2024). Development of machine learning-based sign language translator for Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). *Proceedings Of The 6th International Conference On Computing And Applied Informatics 2022*, 2987, 020070. <https://doi.org/10.1063/5.0199747>
16. Harumy, T. H. F., Br Ginting, D. S., Manik, F. Y., Alkhowarizmi, A. (2024). Developing an early detection model for skin diseases using a hybrid deep neural network to enhance health independence in coastal communities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (132)), 71–85. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313983>
17. Díaz-Gaxiola, E., Morales-Casas, Z. E., Castro-López, O., Beltrán-Gutiérrez, G., Vega-López, I. F., Yee-Rendón, A. (2019). Estudio comparativo de arquitecturas de CNNs en hojas de Pimiento Morrón infectadas con virus PHYVV o PEPGMV. *Research in Computing Science*, 148 (7), 289–303. <https://doi.org/10.13053/rcs-148-7-22>
18. Kunjachan, S., Remya, R., Kumar, S., Asish, G. R., Sheela, K., Kala, S. (2023). Comparative study of convolutional neural networks for leaf classification in Ayurveda. *IET Conference Proceedings*, 2023 (11), 18–23. <https://doi.org/10.1049/icp.2023.1756>
19. Iparraguirre-Villanueva, O., Guevara-Ponce, V., Paredes, O. R., Sierra-Liñan, F., Zapata-Paulini, J., Cabanillas-Carbonell, M. (2022). Convolutional Neural Networks with Transfer Learning for Pneumonia Detection. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13 (9). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130963>
20. Panthakkan, A., Anzar, S. M., Al Mansoori, S., Mansoor, W., Al Ahmad, H. (2022). A systematic comparison of transfer learning models for COVID-19 prediction. *Intelligent Decision Technologies*, 16 (3), 557–574. <https://doi.org/10.3233/idt-220017>
21. Ahmed, N., Rahman, M., Ishrak, F., Joy, I. K., Sabuj, S. H., Rahman, S. (2024). Comparative Performance Analysis of Transformer-Based Pre-Trained Models for Detecting Keratoconus Disease. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.09005>
22. Ahmad, N., Wijaya, E. S., Tjoaquin, C., Lucky, H., Iswanto, I. A. (2023). Transforming Sign Language using CNN Approach based on BISINDO Dataset. *2023 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Informations System (ICIMCIS)*, 543–548. <https://doi.org/10.1109/icimcis60089.2023.10349011>
23. Hossain, Md. B., Iqbal, S. M. H. S., Islam, Md. M., Akhtar, Md. N., Sarker, I. H. (2022). Transfer learning with fine-tuned deep CNN ResNet50 model for classifying COVID-19 from chest X-ray images. *Informatics in Medicine Unlocked*, 30, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100916>
24. Agarwal, C., Vishwakarma, V. P. (2022). Comparison of Different Deep CNN Models for Leukemia Diagnosis. *Proceedings of the International Conference on Cognitive and Intelligent Computing*, 659–672. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2350-0_63
25. Gulzar, Y. (2023). Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique. *Sustainability*, 15 (3), 1906. <https://doi.org/10.3390/su15031906>
26. Indraswari, R., Rokhana, R., Herulambang, W. (2022). Melanoma image classification based on MobileNetV2 network. *Procedia Computer Science*, 197, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.132>
27. Theckedath, D., Sedamkar, R. R. (2020). Detecting Affect States Using VGG16, ResNet50 and SE-ResNet50 Networks. *SN Computer Science*, 1 (2). <https://doi.org/10.1007/s42979-020-0114-9>
28. Cai, W., Li, M., Jin, G., Liu, Q., Lu, C. (2024). Comparison of Residual Network and Other Classical Models for Classification of Interlayer Distresses in Pavement. *Applied Sciences*, 14 (15), 6568. <https://doi.org/10.3390/app14156568>
29. Patra, P., Singh, T. (2022). Diabetic Retinopathy Detection using an Improved ResNet 50-InceptionV3 and hybrid DiabRetNet Structures. *2022 OITS International Conference on Information Technology (OCIT)*, 140–145. <https://doi.org/10.1109/ocit56763.2022.00036>
30. Wang, C., Chen, D., Hao, L., Liu, X., Zeng, Y., Chen, J., Zhang, G. (2019). Pulmonary Image Classification Based on Inception-v3 Transfer Learning Model. *IEEE Access*, 7, 146533–146541. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2946000>
31. Wang, X., Li, J., Tao, J., Wu, L., Mou, C., Bai, W. et al. (2022). A Recognition Method of Ancient Architectures Based on the Improved Inception V3 Model. *Symmetry*, 14 (12), 2679. <https://doi.org/10.3390/sym14122679>
32. Harumy, T. H. F., Zarlis, M., Lydia, M. S., Efendi, S. (2024). Image classification of diseases in rice using deep neural neural network and inception V3. *Proceedings Of The 6th International Conference On Computing And Applied Informatics 2022*, 2987, 020046. <https://doi.org/10.1063/5.0200203>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.343208

DEVSING AN APPROACH TO SELECTING FILTERING METHODS FOR RELEVANT IMAGES OF ROAD DEFECTS (p. 42–51)

Igor Gameliak

National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Anna Kharchenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8166-6389>

Andrew Dmytrychenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6144-7533>

Vitalii Svatko

National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0712-5688>

Taras Moroz

State Enterprise "Road Scientific and Technical Center", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6730-3004>

Sviatoslav Sikhnevych

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1728-6520>

This study investigates the process of selecting filtering methods for the corresponding images of road defects, provided that the textures and edges of the depicted damage are maximally preserved. The results are aimed at solving the task of ensuring the overall quality of pre-processing of defect images by selecting an effective filter corresponding to the type of depicted road defect.

An approach to selecting filtering methods for the corresponding images of road defects has been devised. Compared to conventional approaches, which are usually based on only one criterion, the devised approach is based on multi-criteria selection of an effective method. The approach algorithm combines the evaluation of the filtering results by the peak signal-to-noise ratio (PSNR) and the visual evaluation method based on established criteria. This is explained by the fact that the multi-criteria filter selection method produces a better integrated result compared to conventional ones as evidenced by the results of experimental testing. In particular, the practical implementation of the approach in the Python programming language (USA) and its testing based on images of 5 types of linear and planar damage types has been carried out.

Based on the results of testing, it was found that the PSNR of the results of processing images of longitudinal cracks with a nonlocal averaged filter is 15.26% higher than when using the Gaussian filter, which is proposed in other studies. The PSNR of the results of processing images of potholes with a bilinear filter is 15.5% higher than when using the Gaussian filter.

Such results indicate the possibility of effective application of these filters in practice for rapid pre-processing of large arrays of images of such defects.

Keywords: noise pollution, road damage images, peak signal-to-noise ratio, image filtering.

References

1. Finogeev, A., Deev, M., Finogeev, A., Parygin, D. (2024). Recognition and Clustering of Road Pavement Defects by Deep Machine Learning Methods. *Machine Learning Methods in Systems*, 472–505. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70595-3_48
2. Yu, J., Jiang, J., Fichera, S., Paoletti, P., Layzell, L., Mehta, D., Luo, S. (2024). Road Surface Defect Detection – From Image-Based to Non-Image-Based: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25 (9), 10581–10603. <https://doi.org/10.1109/tits.2024.3382837>
3. Alrajhi, A., Roy, K., Qingge, L., Kribs, J. (2023). Detection of Road Condition Defects Using Multiple Sensors and IoT Technology: A Review. *IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems*, 4, 372–392. <https://doi.org/10.1109/ojits.2023.3237480>
4. Munawar, H. S., Hammad, A. W. A., Haddad, A., Soares, C. A. P., Waller, S. T. (2021). Image-Based Crack Detection Methods: A Review. *Infrastructures*, 6(8), 115. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6080115>
5. Chen, Y., Liang, J., Gu, X., Zhang, Q., Deng, H., Li, S. (2021). An improved minimal path selection approach with new strategies for pavement crack segmentation. *Measurement*, 184, 109877. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109877>
6. Tian, C., Zheng, M., Zuo, W., Zhang, B., Zhang, Y., Zhang, D. (2023). Multi-stage image denoising with the wavelet transform. *Pattern Recognition*, 134, 109050. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.109050>
7. Levada, A. L. M. (2021). Non-local medians filter for joint Gaussian and impulsive image denoising. 2021 34th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 152–159. <https://doi.org/10.1109/sibgrapi54419.2021.00029>
8. Goyal, B., Dogra, A., Sangaiah, A. K. (2022). An effective nonlocal means image denoising framework based on non-subsampled shearlet transform. *Soft Computing*, 26 (16), 7893–7915. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06845-y>
9. de Brito, A. R., Levada, A. L. M. (2023). Dual Non-Local Means: a two-stage information-theoretic filter for image denoising. *Multimedia Tools and Applications*, 83 (2), 4065–4092. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15339-4>
10. Sharabati, W., Xi, B. (2018). A neighborhood regression approach for removing multiple types of noises. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018 (1). <https://doi.org/10.1186/s13640-018-0259-9>
11. Devi, S., Santhosh, A. (2025). A Multifunctional Technique for Image Enhancement Using Non-Local Means and Anisotropic Diffusion. 2025 6th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 1335–1339. <https://doi.org/10.1109/icirca65293.2025.11089771>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.346940

CHANGE DETECTION IN SIDE-SCAN SONAR IMAGERY BASED ON DEEP LEARNING FEATURE MATCHING METHODS (p. 52–62)

Oleksandr Katrusha

National Technical University of Ukraine
 "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7097-4843>

Dmytro Prylipko

EvoLogics GmbH, Berlin, Germany
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1745-4175>

Kostiantyn Yefremov

National Technical University of Ukraine
 Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3495-6417>

This paper explores change detection in repeat-track side-scan sonar imagery through feature matching. It addresses insufficient matching accuracy and stability in low-contrast, noisy, and geometrically distorted side-scan sonar imagery typically collected from surface vehicles. The experiment included a comparison of classical, convolutional, and transformer-based feature matching methods (SIFT, DISK, SuperPoint, LoFTR, and LightGlue) on two real-world datasets, Atlantic and Baltic. The results were evaluated quantitatively and qualitatively. Quantitative evaluation used displacement, angular stability, and reprojection error metrics, as well as resource consumption metrics like execution time and memory usage. In addition, matching maps and change maps for pairs of images were generated and analyzed qualitatively. All methods produced interpretable change maps for the low-noise Baltic dataset, whereas the wave-affected Atlantic dataset with stripe- and speckle noise only occasionally produced consistent maps. The SuperPoint + LightGlue method demonstrated the highest ratio of inlier correspondences after RANSAC filtering (43.4% and 65.6%) and the lowest mean reprojection error (36.0 and 3.9 px), while LoFTR provided the densest coverage (up to 97%) consuming up to 15× more computational resources. These results confirm the advantage of transformer-based matching methods under challenging conditions due to their global receptive field. In contrast, CNN-based methods performed better in low-noise, well-aligned

images. Overall, the findings indicate that deep feature matchers can improve the applicability and reliability of change detection in tasks such as humanitarian demining, autonomous underwater navigation, image mosaicking, and related applications.

Keywords: side-scan sonar, feature matching, deep learning, change detection, computer vision.

References

- Zhou, X., Yuan, S., Yu, C., Li, H., Yuan, X. (2022). Performance Comparison of Feature Detectors on Various Layers of Underwater Acoustic Imagery. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (11), 1601. <https://doi.org/10.3390/jmse10111601>
- Shafique, A., Cao, G., Khan, Z., Asad, M., Aslam, M. (2022). Deep Learning-Based Change Detection in Remote Sensing Images: A Review. *Remote Sensing*, 14 (4), 871. <https://doi.org/10.3390/rs14040871>
- Steiniger, Y., Schröder, S., Stoppe, J. (2022). Reducing the false alarm rate of a simple sidescan sonar change detection system using deep learning. *22nd International Symposium on Nonlinear Acoustics*, 48, 070022. <https://doi.org/10.1121/2.0001642>
- Hedlund, W. (2024). Change Detection in Synthetic Aperture Sonar Imagery Using Segment Anything Model. Linköping University. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1877741&dsid=6083>
- Westman, E., Hinduja, A., Kaess, M. (2018). Feature-Based SLAM for Imaging Sonar with Under-Constrained Landmarks. *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3629–3636. <https://doi.org/10.1109/icra.2018.8461004>
- Alcantarilla, P., Nuevo, J., Bartoli, A. (2013). Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces. *Proceedings of the British Machine Vision Conference 2013*, 13.1-13.11. <https://doi.org/10.5244/c.27.13>
- Myers, V., Saebo, T. O., Hansen, R. (2018). Comparison of Co-Registration Techniques for Synthetic Aperture Sonar Images from Repeated Passes. *Synthetic Aperture Sonar and Radar*, 40 (2).
- Myers, V., Quidu, I., Zerr, B., Sabo, T. O., Hansen, R. E. (2020). Synthetic Aperture Sonar Track Registration With Motion Compensation for Coherent Change Detection. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 45 (3), 1045–1062. <https://doi.org/10.1109/joe.2019.2909960>
- Zhou, X., Yu, C., Yuan, X., Luo, C. (2021). Matching Underwater Sonar Images by the Learned Descriptor Based on Style Transfer Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 2029 (1), 012118. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2029/1/012118>
- Zhang, J., Xie, Y., Ling, L., Folkesson, J. (2023). A fully-automatic side-scan sonar simultaneous localization and mapping framework. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 18 (5), 674–683. <https://doi.org/10.1049/rsn2.12500>
- Midtgaard, O., Hansen, R. E., Saebo, T. O., Myers, V., Dubberley, J. R., Quidu, I. (2011). Change detection using Synthetic Aperture Sonar: Preliminary results from the Larvik trial. *OCEANS'11 MTS/IEEE KONA*, 1–8. <https://doi.org/10.23919/oceans.2011.6107272>
- G-Michael, T., Marchand, B., Tucker, J. D., Marston, T. M., Sternlicht, D. D., Azimi-Sadjadi, M. R. (2016). Image-Based Automated Change Detection for Synthetic Aperture Sonar by Multistage Coregistration and Canonical Correlation Analysis. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 1–21. <https://doi.org/10.1109/joe.2015.2465631>
- Gode, S., Hinduja, A., Kaess, M. (2024). SONIC: Sonar Image Correspondence using Pose Supervised Learning for Imaging Sonars. *2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3766–3772. <https://doi.org/10.1109/icra57147.2024.10611678>
- Lindenberger, P., Sarlin, P.-E., Pollefeys, M. (2023). LightGlue: Local Feature Matching at Light Speed. *2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 17581–17592. <https://doi.org/10.1109/iccv51070.2023.01616>
- Barnes, C., Shechtman, E., Finkelstein, A., Goldman, D. B. (2009). PatchMatch. *ACM Transactions on Graphics*, 28 (3), 1–11. <https://doi.org/10.1145/1531326.1531330>
- Zhang, J., Xie, Y., Ling, L., Folkesson, J. (2025). A Dense Sub-frame-Based SLAM Framework With Side-Scan Sonar. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 50 (2), 1087–1102. <https://doi.org/10.1109/joe.2024.3503663>
- Sun, J., Shen, Z., Wang, Y., Bao, H., Zhou, X. (2021). LoFTR: Detector-Free Local Feature Matching with Transformers. *2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 8918–8927. <https://doi.org/10.1109/cvpr46437.2021.00881>
- DeTone, D., Malisiewicz, T., Rabinovich, A. (2018). SuperPoint: Self-Supervised Interest Point Detection and Description. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. <https://doi.org/10.1109/cvprw.2018.00060>
- Tyszkiewicz, M. J., Fua, P., Trulls, E. (2020). DISK: Learning local features with policy gradient. *arXiv*. <http://doi.org/10.48550/ARXIV.2006.13566>
- Culjak, I., Abram, D., Pribanic, T., Dzapo H., Cifrek, M. (2012). A brief introduction to OpenCV. *2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO*, 1725–1730. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6240859/authors#authors>
- Gutiérrez, G., Torres-Avilés, R., Caniupán, M. (2024). cKdtree: a Compact Kdtree for Spatial Data. *Alberto Mendelzon Workshop on Foundations of Data Management*. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/cKdtree%3A-a-Compact-Kdtree-for-Spatial-Data-Guti%C3%A9rrez-Torres-Avil%C3%A9s/1106acf86126909ec2ad8ffa174cbd6e4dcca329>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.344042

INTEGRATING MODEL AND SMARTPHONE TECHNOLOGIES FOR COLD-WATER THERMOREGULATION ASSESSMENT (p. 63–71)

Irena Yermakova

Institute of Information Technologies and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9417-1120>

Oleksandr Volkov

Institute of Information Technologies and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5418-6723>

Anastasiia Nikolaenko

Institute of Information Technologies and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2402-2947>

Oleh Hrytsaiuk

Institute of Information Technologies and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9019-4894>

Julia Tadeieva

Institute of Information Technologies and Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5418-2848>

This study investigates human thermal and physiological responses during water immersion. The task addressed relates to the current gap between sophisticated, expert-driven mathematical models of thermoregulation and the practical demand for accessible tools to assess thermal risks in open water.

To bridge the gap, this paper proposes a method based on the integration of a multicompartmental mathematical model of human thermoregulation with a mobile application. The results of the study

confirm the method's effectiveness in predicting human physiological responses during water immersion. Model validation against experimental data demonstrated strong concordance, particularly in reproducing core temperature dynamics under cold-water exposure (Theil index ≈ 0 ; $t(9) = 2.16$, $p > 0.05$).

Modeling results indicate that moderate activity (300 W) in water at a temperature of 10°C leads to a decrease in internal temperature, whereas higher activity levels (600 W) are sufficient to maintain normal body temperature. Wetsuits play a critical role in preserving human temperature regime during cold-water immersion; without a wetsuit, passive immersion at 17°C results in hypothermia within 60 minutes ($T_{core} < 36^\circ\text{C}$). Conversely, during high-intensity exercise (1100 W), wetsuits may increase thermal strain, with body temperature rising to 39.2°C over 60 minutes, while in the absence of protective clothing – $T_{core} = 38.1^\circ\text{C}$.

The findings provide quantitative insights into the influence of water, immersion level, activity, and wetsuit on human thermal responses. The app that was developed could predict safety guidelines for aquatic sports and recreational activities.

Keywords: model, physical activity in water, cold stress, extreme environment, health risk.

References

- Knechtel, B., Waśkiewicz, Z., Sousa, C. V., Hill, L., Nikolaidis, P. T. (2020). Cold Water Swimming – Benefits and Risks: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (23), 8984. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238984>
- Tipton, M. J., Collier, N., Massey, H., Corbett, J., Harper, M. (2017). Cold water immersion: kill or cure? *Experimental Physiology*, 102 (11), 1335–1355. <https://doi.org/10.1113/ep086283>
- Macaluso, F., Barone, R., Isaacs, A. W., Farina, F., Morici, G., Di Felice, V. (2013). Heat Stroke Risk for Open-Water Swimmers During Long-Distance Events. *Wilderness & Environmental Medicine*, 24 (4), 362–365. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2013.04.008>
- Tipton, M., Bradford, C. (2014). Moving in extreme environments: open water swimming in cold and warm water. *Extreme Physiology & Medicine*, 3 (1). <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-12>
- Drigny, J., Rolland, M., Pla, R., Chesneau, C., Lebreton, T., Marais, B. et al. (2021). Risk Factors and Predictors of Hypothermia and Drop-outs During Open-Water Swimming Competitions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16 (11), 1692–1699. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0875>
- Høiseth, L. Ø., Melau, J., Bonnevie-Svendsen, M., Nyborg, C., Eijssvoegels, T. M. H., Hisdal, J. (2021). Core Temperature during Cold-Water Triathlon Swimming. *Sports*, 9 (6), 87. <https://doi.org/10.3390/sports9060087>
- Brannigan, D., Rogers, I. R., Jacobs, I., Montgomery, A., Williams, A., Khangure, N. (2009). Hypothermia Is a Significant Medical Risk of Mass Participation Long-Distance Open Water Swimming. *Wilderness & Environmental Medicine*, 20 (1), 14–18. <https://doi.org/10.1580/08-wem-214.1>
- Markey, K., Galan-Lopez, N., Esh, C., Carter, S., Christmas, B., Mountjoy, M. et al. (2025). Thermoregulatory responses in open water and pool swimming: Presentation of hypothermia and hyperthermia within and outside of World Aquatics water temperature thresholds. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.07.004>
- Chalmers, S., Shaw, G., Mujika, I., Jay, O. (2021). Thermal Strain During Open-Water Swimming Competition in Warm Water Environments. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.785399>
- Dolson, C. M., Harlow, E. R., Phelan, D. M., Gabbett, T. J., Gaal, B., McMellen, C. et al. (2022). Wearable Sensor Technology to Predict Core Body Temperature: A Systematic Review. *Sensors*, 22 (19), 7639. <https://doi.org/10.3390/s22197639>
- Jegan, R., Nimi, W. S. (2023). On the development of low power wearable devices for assessment of physiological vital parameters: a systematic review. *Journal of Public Health*, 32 (7), 1093–1108. <https://doi.org/10.1007/s10389-023-01893-6>
- Vaghasiya, J. V., Mayorga-Martinez, C. C., Pumera, M. (2023). Wearable sensors for telehealth based on emerging materials and nanoarchitectonics. *Npj Flexible Electronics*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41528-023-00261-4>
- Beachsafe Website & App. Available at: <https://www.surflifesaving.com.au/beach-safety/beachsafe-website>
- Jalalifar, S., Kashizadeh, A., Mahmood, I., Belford, A., Drake, N., Razmjou, A., Asadnia, M. (2022). A Smart Multi-Sensor Device to Detect Distress in Swimmers. *Sensors*, 22 (3), 1059. <https://doi.org/10.3390/s22031059>
- Rush – Assisting lifeguards in locating and rescuing drowning victims to enhances swimming safety. Available at: <https://designawards.core77.com/Sports-Outdoors/131064/Rush-Assisting-lifeguards-in-locating-and-rescuing-drowning-victims-to-enhance-swimming-safety.html>
- Introducing GUARDian – The Most Advanced Drowning Detection System Ever Made. Available at: <https://wavedds.com/guardian-system>
- Drowning Prevention Technology. Available at: <https://www.blueguardme.com/drowning-prevention-technology>
- Castellani, M. P., Rioux, T. P., Castellani, J. W., Reed, M. D., Whalen, S., Cisternelli, M. et al. (2023). Validation of a human thermoregulatory model during prolonged immersion in warm water. *Computers in Biology and Medicine*, 167, 107575. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.107575>
- Keefe, A. A., Tikuisis, P. (2008). A guide to making stochastic and single point predictions using the Cold Exposure Survival Model (CESM). Defence R&D Canada. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA489046.pdf>
- Tipton, M., McCormack, E., Elliott, G., Cisternelli, M., Allen, A., Turner, A. C. (2022). Survival time and search time in water: Past, present and future. *Journal of Thermal Biology*, 110, 103349. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103349>
- Potter, A. W., Yermakova, I. I., Hunt, A. P., Hancock, J. W., Oliveira, A. V. M., Looney, D. P., Montgomery, L. D. (2021). Comparison of two mathematical models for predicted human thermal responses to hot and humid environments. *Journal of Thermal Biology*, 97, 102902. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102902>
- Yermakova, I., Montgomery, L. D. (2018). Predictive Simulation of Physiological Responses for Swimmers in Cold Water. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 292–297. <https://doi.org/10.1109/elnano.2018.8477523>
- Yermakova, I., Montgomery, L. D., Nikolaienko, A., Bondarenko, Y., Ivanushkina, N. (2021). Modeling Prediction of Human Thermal Responses in Warm Water. *Medical Informatics and Engineering*, 1, 51–60. Available at: <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/here/article/view/12190/11551>
- Yermakova, I., Montgomery, L., Potter, A. W. (2022). Mathematical model of human responses to open air and water immersion: Modeling human thermoregulatory responses. *Journal of Sport and Human Performance*, 10 (1), 30–45. Available at: <https://jhp-ojs-tamucc.tdl.org/JHP/article/view/187>
- Yermakova, I. I., Potter, A. W., Chapman, C. L., Friedl, K. E. (2025). Modeling physiological and thermoregulatory responses during an Olympic triathlon. *Journal of Thermal Biology*, 131, 104203. v
- Hansen, J. F. (2015). Nusselt, Rayleigh, Grashof, and Prandtl: Direct calculation of a user-defined convective heat flux. In *Excerpt from the Proceedings of the 2015 COMSOL Conference in Grenoble*, 1–5. Available at: https://www.comsol.com/paper/download/291661/hansen_paper.pdf

27. Nadel, E. R., Holmér, I., Bergh, U., Astrand, P. O., Stolwijk, J. A. (1974). Energy exchanges of swimming man. *Journal of Applied Physiology*, 36 (4), 465–471. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.36.4.465>
28. Boutelier, C., Bougues, L., Timbal, J. (1977). Experimental study of convective heat transfer coefficient for the human body in water. *Journal of Applied Physiology*, 42 (1), 93–100. <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.42.1.93>
29. Henderson, M. E. T., Halsey, L. G. (2022). The metabolic upper critical temperature of the human thermoneutral zone. *Journal of Thermal Biology*, 110, 103380. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103380>
30. Rostomily, K. A., Jones, D. M., Pautz, C. M., Ito, D. W., Buono, M. J. (2020). Haemoconcentration, not decreased blood temperature, increases blood viscosity during cold water immersion. *Diving and Hyperbaric Medicine Journal*, 50 (1), 24–27. <https://doi.org/10.28920/dhm50.1.24-27>
31. Yermakova, I., Ntoumani, M., Potter, A. W. (2024). Modeling thermophysiological responses during head-in and head-out whole-body water immersion. *Journal of Sport and Human Performance*, 12 (1), 32–43. Available at: <https://jhp-ojs-tamucc.tdl.org/JHP/article/view/196>
32. Yermakova, I. I., Potter, A. W., Raimundo, A. M., Xu, X., Hancock, J. W., Oliveira, A. V. M. (2022). Use of Thermoregulatory Models to Evaluate Heat Stress in Industrial Environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (13), 7950. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137950>
33. Yermakova, I., Nikolaienko, A., Solopchuk, Y., Regan, M. (2015). Modelling of human cooling in cold water: effect of immersion level. *Extreme Physiology & Medicine*, 4 (S1). <https://doi.org/10.1186/2046-7648-4-s1-a132>
34. Crotti, G., Cantù, R., Malavasi, S., Gatti, G., Laurano, C., Svelto, C. (2024). Wetsuit Thermal Resistivity Measurements. *Sensors*, 24 (14), 4561. <https://doi.org/10.3390/s24144561>
35. Competition Regulations. World Aquatics. Available at: <https://www.worldaquatics.com/swimming/rules>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347658

DESIGN OF IMPROVED STRUCTURES FOR MULTI-BIT DATA ADDITION DEVICES IN BINARY CODES OF THE RADEMACHER THEORETICAL-NUMERICAL BASIS (p. 72–83)

Yaroslav Nykolaychuk

West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2393-2332>

Igor Pitukh

West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3329-4901>

Volodymyr Hryha

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-525X>

This study investigates the process of designing multi-bit adders based on an improved element base of their components in binary codes of Rademacher theoretical-numerical basis. The task addressed relates to the fact that the known element base of modern single-bit adders does not make it possible to achieve the minimax characteristics of sum formation and carry-save efficiency in their structures in 1 micro cycle.

The improved element base of single-bit adders has been built on the basis of the «Exclusive AND» logic element, which has low hardware complexity and high speed of output signal formation.

Improved architectural solutions for full and half single-bit binary adders with minimax characteristics of hardware and time complexity in structures of multi-bit adders of various types have been

applied. The system characteristics of microelectronic structures of multi-bit adders of various types based on full and half single-bit binary combinational adders with direct, inverse, and paraphase inputs and outputs have been investigated.

As a result, it has been theoretically established and practically confirmed that multi-bit adders based on an improved element base have 2 times less hardware complexity and 6 times higher speed.

The structure of a cascaded n -bit fast adder has been designed, which has a speed 1.8 times higher than that of the known implementation.

Using the VHDL hardware description language and Vivado CAD, a 64-bit cascade adder was modelled and synthesized on FPGA, which has twice the speed of the known adder.

The designed multi-bit Rademacher basis adders are applicable to statistical, correlation, and entropy analysis tasks, video image processing, image recognition, as well as various artificial intelligence tasks.

Keywords: cascade and pyramid adders, full and half adders, time and hardware complexity, FPGA.

References

1. Heath, R. W. (2017). *Introduction to Wireless Digital Communication: A Signal Processing Perspective*. Pearson, 464. Available at: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/introduction-to-wireless-digital-communication-a-signal-processingperspective/P200000009126/9780134431796>
2. Allemang, R., Avitabile, P. (Eds.) (2022). *Handbook of Experimental Structural Dynamics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4547-0>
3. Anand Kumar, A. (2016). *Fundamentals of Digital Circuits*. PHI. Available at: <https://books.google.co.in/books?id=CyavDAAAQBA-J&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
4. Kusuma, H S., Kalpana, H. M., Ravi, H. K (2025). Design and Comparative Analysis of Half and Full Adders Using CMOS and Pass Transistor Logic Styles. 2025 3rd International Conference on Smart Systems for Applications in Electrical Sciences (ICSSSES), 1–6. <https://doi.org/10.1109/icssses64899.2025.11010034>
5. Kumar, P., Bhandari, N. S., Bhargav, L., Rathi, R., Yadav, S. C. (2017). Design of low power and area efficient half adder using pass transistor and comparison of various performance parameters. 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 1477–1482. <https://doi.org/10.1109/ccaa.2017.8230033>
6. Nykolaichuka, Ya. M. (Ed.) (2017). *Spetsializovani kompiuterni tekhnolohiyi v informatytsi*. Ternopil: Beskydy, 913. Available at: <https://scs.wunu.edu.ua/?p=353>
7. John, V., Sam, S., Radha, S., Paul, P. S., Samuel, J. (2020). Design of a power-efficient Kogge–Stone adder by exploring new OR gate in 45 nm CMOS process. *Circuit World*, 46 (4), 257–269. <https://doi.org/10.1108/cw-12-2018-0104>
8. Yadav, R., Sura, A., Dahiya, S. (2021). Half adder design using various technologies and comparison of. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 6 (2). <https://doi.org/10.33564/ijeast.2021.v06i02.016>
9. Jhamb, Dr. M., Kumar, M., Vishal (2020). Full Adder for Low Power Applications. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9 (4), 2612–2687. <https://doi.org/10.35940/ijitee.d1846.029420>
10. Hameed, A. S., Kathem, M. J. (2021). High speed modified carry save adder using a structure of multiplexers. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11 (2), 1591. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i2.pp1591-1598>
11. Davletova, A. Ya., Nykolaichuk, Ya. M. (2017). Pat. No. 115861 UA. Odnorozriadnyi nepovni sumator. No. u201612463; declared: 07.12.2016, published: 25.04.2017. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/805118/>

12. Hryha, V., Dzundza, B., Melnychuk, S., Manuliak, I., Terletsky, A., Deichakivskyi, M. (2023). Design of various operating devices for sorting binary data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (124)), 6–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285997>
13. Dunets, R., Gryga, V. (2015). Spatio-temporal synthesis of transformation matrix of reverse fast cosine transformation. The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, 45–49. <https://doi.org/10.1109/cadsm.2015.7230792>
14. Gryga, V., Kolosov, I., Danyluk, O. (2016). The development of a fast iterative algorithm structure of cosine transform. 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), 506–509. <https://doi.org/10.1109/tcset.2016.7452100>
15. Gryga, V., Dzundza, B., Dadiak, I., Nykolaichuk, Y. (2018). Research and implementation of hardware algorithms for multiplying binary numbers. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 1277–1281. <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336427>
16. Nykolaichuk, Ya. M., Hryha, V. M., Nykolaichuk, L. M., Pitukh, I. R. (2021). Pat. No. 147277 UA. Povnyi odnorozriadnyi sumator. No. a202006409; declared: 05.10.2020, published: 06.04.2022. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/en/search/detail/1457390/>
17. Nykolaichuk, Ya. M. (2023). Pat. No. 153527 UA. Povnyi odnorozriadnyi sumator. No. u202203361; declared: 13.09.2022, published: 19.07.2023. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/en/search/detail/1748918/>
18. Nykolaichuk, Ya. M., Vozna, N. Ya., Hryha, V. M., Volynskyi, O. I. (2023). Pat. No. 150331 UA. Sumator z pryskorenym perenosom. No. u202104275; declared: 21.07.2021, published: 02.02.2022. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/en/search/detail/1676002/>
19. Li, H., Ye, W. (2016). Efficient implementation of FPGA based on Vivado High Level Synthesis. 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC), 2810–2813. <https://doi.org/10.1109/comppcomm.2016.7925210>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347796

DEFINING WAYS FOR IMPROVING AUTOMATIC TECHNOLOGICAL LINES FOR SHOCK FREEZING OF FOOD PRODUCTS (p. 84–93)

Svitlana Baloha

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1221-9072>

Serhiy Buletsa

LLC "Nemetstek", Khust, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3379-4538>

Valentyn Ivanytsky

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6234-1861>

Viktor Kovtunencko

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5074-9409>

Jaroslav Legeta

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2579-3671>

Roman Meshko

LLC "Eugen Farion Ukraine", Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8691-1213>

Mykhaylo Ryaboshchuk

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7139-3618>

This study redesigns technological lines for dynamic shock freezing of food products with a long shelf life. The task is to reduce energy consumption per product unit and decrease the cost of maintaining technological lines.

It was established that replacing analog sensors of technological process parameters with digital devices makes it possible to shorten transition intervals between different operating modes of the line by more than 10 minutes. Applying controlled valves and gates in the equipment makes it possible to optimize automatic freezing modes, taking into account both the quality indicators of frozen products and the efficiency of equipment operation.

Modernization of equipment makes it possible to devise more effective automatic operation programs for shock freezing technological lines under the supervision of a single operator. This approach involves the selection of different automatic technological freezing modes for different products. In this case, product parameters (thermal conductivity, percentage of water content, dimensions of individual products) and the final state of frozen products (deep freezing to -30°C , quick freezing to -10°C , or others) are taken into account.

The service functions of the automatic control system in the technological line have been expanded. In particular, these include self-diagnosis, rapid automatic response to emergencies, automatic warning about refrigerant leakage, enhanced informativeness of the text-symbol display, as well as convenience of the operator-equipment interface. Experimental studies on the modernized automatic line have shown a reduction in electricity consumption by almost 50% while maintaining the capacity of cold generation.

Keywords: quick freezing, food products, automation of technological lines, improvement of automatic control.

References

1. Simakhina, G., Kaminska, S. (2020). The state and the perspectives of development of the domestic market of frozen fruit and berry half products. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 26 (3), 234–242. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2020-26-3-26>
2. Ukraina zbilshyla obsiah y eksportu svizhykh i zamorozhenykh yahid u 2023 rotsi. Available at: <https://uaexport.org/2024/04/01/ukrayina-zbilshyla-obsyagi-eksportu-svizhih-i-zamorozhenih-yagid-u-2023-rotsi/>
3. Sutariya, S. G., Sunkesula, V. (2021). Food Freezing: Emerging Techniques for Improving Quality and Process Efficiency a Comprehensive Review. *Innovative Food Processing Technologies*, 36–63. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23035-7>
4. Çalışkan Koç, G., Özkan Karabacak, A., Süfer, Ö., Adal, S., Çelebi, Y., Delikanlı Kıyak, B., Öztekin, S. (2025). Thawing frozen foods: A comparative review of traditional and innovative methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 (2). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70136>
5. Alsailawi, H. A., Mudhafar, M., Abdulrasool, M. M. (2020). Effect of frozen storage on the quality of frozen foods – a review. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 14, 86–96. <https://doi.org/10.17265/1934-7375/2020.03.002>
6. James, C., Purnell, G., James, S. J. (2015). A Review of Novel and Innovative Food Freezing Technologies. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (8), 1616–1634. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1542-8>
7. Dhanya, R., Panth Abhirami, Venkatachalapathy, N. (2024). A comprehensive review on isochoric freezing: a recent technology for preservation of food and non-food items. *Sustainable Food Technology*, 2 (1), 9–18. <https://doi.org/10.1039/d3fb00146f>
8. Blast freezing is the best way to store fruit, vegetables, semi-finished products and ready meals. Available at: <https://ralco.com.ua/en/articles/co-jest-zamrozenie-szoku-2/>

9. Cryogenic nitrogen in the food and beverage industry. Available at: <https://iifir.org/en/encyclopedia-of-refrigeration/cryogenic-nitrogen-in-the-food-and-beverage-industry>
10. Our product groups. EBG-electro. Available at: <https://www.ebg-electro.com/en/products/>
11. Titlov, O., Hratii, T., Bilenko, N. (2020). Enhancing energy efficiency of absorption refrigeration devices. *Refrigeration Engineering and Technology*, 55 (5-6), 293–303. <https://doi.org/10.15673/ret.v55i5-6.1659>
12. RS Americas. Available at: <https://us.rs-online.com/>
13. The Global Catalog. Available at: <https://store.danfoss.com/>
14. LOGO! – the compact controller with a cloud interface. Available at: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>
15. Ikram, A., Arshad, M. T., Maqsood, S., Safdar, S. Z., Rasheed, A., Ahmad, A. et al. (2025). Modern approaches for ensuring the safety and integrity of frozen foods: an overview. *Food and Agricultural Immunology*, 36 (1). <https://doi.org/10.1080/09540105.2025.2491594>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348728

EXTENDING THE FUNCTIONALITY OF TOPOLOGIES OF WEB-ORIENTED CONTROL SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL OBJECTS BASED ON "OPEN USER COMMUNICATION" (p. 94–115)

Leonid Zamikhovskiy

Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6374-8580>

Mykola Nykolaychuk

Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6185-2272>

Ivan Levytskyi

Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-7734>

This study focuses on the information processes involved in the interaction between components of WEB-oriented control systems based on the "Open User Communication" (OUC) technology. The task addressed related to the violation of data consistency across different topology levels in process control systems during cyclic server requests, the need for batch transmission of heterogeneous data types, the unification of equipment, and the technical validation of solutions.

A system topology has been designed using a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system, a server PLC (Programmable Logic Controller), and four terminal PLCs with integrated OUC in the "TIA Portal" environment. This topology allows for data consistency between the server and terminal PLCs by transmitting heterogeneous data formats within a single frame using dynamic data-slice selection.

Hardware tools and application software were developed in the Function Block Diagram (FBD) language of the IEC 61131-3 standard to implement "Open User Communication" with transmission capacities of up to 8192 bytes per frame.

To study information processes, a simulation model of interaction between the server and terminal PLCs based on OUC was built and tested using virtual PLC simulators with dynamic data-slice adjustment. The transmission of 12 different data formats (a total of 332 bytes) was tested using the "TSEND_C" and "TRCV_C" instructions under a "monitoring-on" mode.

GRE tunneling protocol parameters were configured to enable simultaneous data exchange between the server and terminal PLCs

via "Open User Communication", alongside PLC programming via "S7-Communication".

Based on the proposed solutions, a WEB-oriented data acquisition system for technological facilities of municipal water-supply enterprises was developed and validated under industrial conditions.

Keywords: Open User Communication, OUC topology, SCADA, PLC Simatic-S7, OUC simulation model.

References

1. Basics of Open User Communication: S7-1200, S7-1500, S7-1500T (TIA Portal V20) (2024). Siemens. Available at: <https://docs.tia.siemens.cloud/r/en-us/v20/editing-devices-and-networks/configure-networks/communication-via-connections/working-with-connections/using-open-user-communication-s7-1200-s7-1500-s7-1500t/basics-of-open-user-communication-s7-1200-s7-1500-s7-1500t>
2. Products for Totally Integrated Automation: Catalog ST 70 (Catalog No. E86060-K4770-A101-C2-7600) (2025). Siemens. Available at: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109744167/simatic-st70-complete-english-2025_1.pdf
3. Reyes Domínguez, D., Infante Abreu, M. B., Parv, A. L. (2024). Main Trend Topics on Industry 4.0 in the Manufacturing Sector: A Bibliometric Review. *Applied Sciences*, 14 (15), 6450. <https://doi.org/10.3390/app14156450>
4. Villar, E., Martín Toral, I., Calvo, I., Barambones, O., Fernández-Bustamante, P. (2024). Architectures for Industrial AIoT Applications. *Sensors*, 24 (15), 4929. <https://doi.org/10.3390/s24154929>
5. Alsabbagh, W., Langendörfer, P. (2022). A New Injection Threat on S7-1500 PLCs – Disrupting the Physical Process Offline. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 3, 146–162. <https://doi.org/10.1109/ojies.2022.3151528>
6. Gautam, M. K., Pati, A., Mishra, S. K., Appasani, B., Kabalci, E., Bizon, N., Thounthong, P. (2021). A Comprehensive Review of the Evolution of Networked Control System Technology and Its Future Potentials. *Sustainability*, 13 (5), 2962. <https://doi.org/10.3390/su13052962>
7. Yadav, G., Paul, K. (2021). Architecture and security of SCADA systems: A review. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 34, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2021.100433>
8. Schäffer, E., Penczek, L. N., Bartelt, M., Brossog, M., Kühlenkötter, B., Franke, J. (2021). A Microservice- and AutomationML-based Reference Architecture for an Engineering Configurator Web Platform. *Procedia CIRP*, 103, 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.10.044>
9. Busboom, A. (2024). Automated generation of OPC UA information models – A review and outlook. *Journal of Industrial Information Integration*, 39, 100602. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100602>
10. Tusa, F., Clayman, S., Buzachis, A., Fazio, M. (2024). Microservices and serverless functions-lifecycle, performance, and resource utilisation of edge based real-time IoT analytics. *Future Generation Computer Systems*, 155, 204–218. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.02.006>
11. Zhukabayeva, T., Ahmad, Z., Adamova, A., Karabayev, N., Abdildayeva, A. (2025). An Edge-Computing-Based Integrated Framework for Network Traffic Analysis and Intrusion Detection to Enhance Cyber-Physical System Security in Industrial IoT. *Sensors*, 25 (8), 2395. <https://doi.org/10.3390/s25082395>
12. Ji, T., Xu, X. (2025). Exploring the Integration of cloud manufacturing and cyber-physical systems in the era of industry 4.0 – An OPC UA approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 93, 102927. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102927>
13. Nazarenko, I. V., Nikolaychuk, M. Ya., Ferenets, V. D., Sukhanov, D. Ye. (2014). Construction and modeling of unified control systems of actuating mechanisms for objects of gas-transport system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (67)), 41–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.21204>

14. Zamikhovskiy, L., Levytskyi, I., Nykolaychuk, M. (2021). Designing a system that removes metallic inclusions from bulk raw materials on the belt conveyor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (111)), 79–87. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.234235>
15. S7-1200 Programmable controller: System manual (V4.7, A5E02486680-AQ) (2024). Siemens. Available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109977302/s7-1200-programmable-controller?dti=0&lc=en-US>
16. SCALANCE X-200: Operating instructions (BA_SCALANCE-X-200_76) (2024). Siemens. Available at: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/109955056/att_1266072/v1/BA_SCALANCE-X-200-2023_76_en-US.pdf
17. SIMATIC NET S7-1200 telecontrol / SIMATIC CP 1243-7 LTE (2025). Siemens. Available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109995459/simatic-net-s7-1200-telecontrol-simatic-cp-1243-7-lte?dti=0&lc=en-US>
18. Industrial Ethernet / PROFINET: Networking manual. System Manual, 07, C79000-G8900-C242 (Doc. No. SYH_IE-Net_76) (2019). Siemens. Available at: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/27069465/SYH_IE-Net_76.pdf
19. SIMATIC STEP 7 Basic/Professional V20 and SIMATIC WinCC V20 (2024). Siemens. Available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109977280/simatic-step-7-basic-professional-v20-und-simatic-wincc-v20?dti=0&lc=en-US>
20. S7-PLCSIM online help (Version 21, Doc. No. A5E46238743-AJ) (2025). Siemens. Available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109997161/s7-plcsim-online-help>
21. Basic examples for Open User Communication (OUC): ISO-on-TCP, TCP, UDP (2021). Siemens. Available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747710/basic-examples-for-open-user-communication-%28ouc%29?lc=en-cy>
22. S7-1500 / S7-1500T motion control overview: Function manual (Version 7.0, Doc. No. A5E03879256-AH) (2022). Siemens. Available at: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109812056/s71500_s71500t_motion_control_overview_function_manual_en-US_en-US.pdf
23. Open User Communication with TSEND_C and TRCV_C: SIMATIC S7-1200 CPU (Version 2.1) (2018). Siemens. https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/67196808/net_s7-1200_isoontcp_en.pdf
24. Zamikhovskiy, L., Nykolaychuk, M., Levytskyi, I. (2024). Organizing the automated system of dispatch control over pump units at water pumping stations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (131)), 61–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313531>
25. Zamikhovskiy, L., Zamikhovska, O., Ivanyuk, N., Mirzoieva, O., Nykolaychuk, M. (2025). Development of an anti-surge protection system for gas pumping units based on hardware and software vibration monitoring tools. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (136)), 117–132. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.337736>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337915

АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИДОБУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕВІДПОВІДНОСТЕЙ У КЛІНІЧНІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ (с. 6–14)

В. М. Горлач, В. Т. Пасічник

Об'єктом дослідження є неструктуровані текстові дані про клінічні випробування. Проблема полягає в тому, що аналіз таких даних є трудомістким і схильним до помилок процесом, навіть для фахівців. У свою чергу, це призводить до збільшення тривалості досліджень та затримок із випуском новітніх препаратів на ринок. У даній роботі продемонстровано підхід до формування набору даних про клінічні випробування, а також подальшого видобування ключової інформації за допомогою сучасних великих мовних моделей. Проведено дослідження з видобування таких показників, як допустима стать учасників, фаза дослідження та профіль дослідження. Загалом було виконано 11 703 експериментів, у більшості з яких вдалося досягти високих результатів. Зокрема, середні значення при використанні моделі GPT-4o-mini були такими: F1-міра – 0,92; влучність – 0,98; повнота – 0,99; точність – 0,87. Видобування інформації з клінічної документації українською мовою продемонструвало схожі результати порівняно з англійськими аналогами. В окремих випадках, спостерігалася значна кількість хибно-позитивних результатів і показники були суттєво нижчими (найнижчі зафіксовані значення: F1-міра – 0,52; влучність – 0,82; повнота – 0,78; точність – 0,35). Для таких випадків було проаналізовано причини, сформульовано відповідні висновки та рекомендації. Крім того, результати експериментів допомогли виявити низку розбіжностей та помилок в офіційних реєстрах, що є яскравим прикладом практичного застосування. Іншими прикладами використання отриманого результату є можливість масштабування технології на додаткові типи даних, а також підтримка цифрової трансформації у медичній сфері. Такі результати складають передумови для автоматизації процесу клінічних випробування та пришвидшення виходу новітніх препаратів на ринок.

Ключові слова: клінічні випробування, великі мовні моделі, клінічна документація, видобування даних.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.344041

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДТИПІВ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (с. 15–25)

О. М. Березький, П. Б. Ляцинський, Пет. Б. Ляцинський, П. Р. Сельський

Об'єктом дослідження є процес аналізу імуногістохімічних зображень раку молочної залози. Дослідження дозволило внести свій вклад у вирішення проблеми стандартизованого та об'єктивного підходу до кількісної оцінки імуногістохімічних біомаркерів, що мінімізував би міжособистісну варіабельність оцінок та був обчислювально ефективним для аналізу біомедичних зображень.

Дослідження присвячене пошуку балансу між складністю моделі та узагальненням з використанням еволюційних алгоритмів для налаштування глибоких нейронних мереж для біомедичних завдань, аналізуючи вплив структури мережі на продуктивність.

У роботі було проведено експерименти із сегментації імуногістохімічних зображень на 13 різних архітектурах нейронних мереж. Оцінювання здійснювалося за допомогою п'яти метрик точності, що дозволило об'єктивно порівняти продуктивність моделей. Використання генетичного алгоритму для оптимізації архітектури нейронної мережі дозволило адаптивно знаходити комбінації параметрів, зокрема кількість шарів та розмір базового фільтра. Еволюційний підхід забезпечив ефективне дослідження простору конфігурацій, що призвело до підвищення метрики Dice до 0.74. Отримане зростання точності свідчить про покращену здатність моделі до сегментації зображень із різними характеристиками, що демонструє практичну ефективність запропонованого підходу для задач біомедичного діагностування.

Оптимізовану архітектуру застосовано для розробки системи автоматичного діагностування раку молочної залози на основі нейронних мереж, зокрема для методу автоматичного діагностування підтипів раку молочної залози. Це посприяло підвищенню точності аналізу біомедичних зображень, що допоможе покращити діагностичний процес у клінічній практиці.

Ключові слова: Attention U-Net, генетичний алгоритм, оптимізація архітектури нейронної мережі, ІГХ-зображення, сегментація біомедичних зображень, автоматичне діагностування раку молочної залози.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.332096

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙКРАЩИХ МОДЕЛЕЙ КЛАСИФІКАЦІЇ ЖЕСТИВ АЛФАВІТУ BISINDO ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОМУНІКАТИВНИХ ПОТРЕБ СПІЛЬНОТИ ГЛУХИХ (с. 26–41)

Ilka Zufria, Tengku Henny Febriana Harumy, Syahril Efendi

Об'єктом цього дослідження є жести алфавіту BISINDO, які являють собою статичні рухи рук, що використовуються глухими людьми в Індонезії для спілкування, причому кожна літера має унікальний візерунок руки, на який впливають культура та регіональні особливості. Вирішена проблема полягає в точності та продуктивності класифікації жестів рук BISINDO, яка є неоптимальною через складні варіації жестів та обчислювальні обмеження на легких пристроях.

У цьому дослідженні розглядається продуктивність класифікації жестів алфавіту BISINDO за допомогою моделей глибокого навчання з 4 архітектурами: VGG-19, ResNet-50, MobileNetV2 та Inception-V3. Цей об'єкт являє собою колекцію зображень, що використовуються як набір даних, що складається з 10 400 зображень (7 280 навчальних, 2 080 валідаційних та 1 040 тестових). Результати показують, що архітектури MobileNetV2 та VGG-19 досягають найвищої точності 100%, далі йдуть Inception-V3 (99%) та ResNet-50 (98%). Результати цього дослідження показують, що чудова продуктивність MobileNetV2 зумовлена його ефективною згортковою архітектурою з роздільною глибиною, тоді як перевага VGG-19 полягає в його дуже глибокій архітектурі та використанні малих згорткових

фільтрів для захоплення дуже детальних ієрархічних характеристик жестів. Тим часом Inception-V3 перевершує інших завдяки модулю inception, який захоплює характеристики жестів у різних масштабах. Результати цього порівняння продуктивності показують, що MobileNetV2 є найвищим завдяки своїй обчислювальній ефективності, яка забезпечує високу продуктивність, а також адаптацію до складних варіацій жестів алфавіту BISINDO. Результати цього дослідження також можуть бути застосовані в сферах освіти та комунікації для глухих, особливо у вбудованих додатках, що забезпечує доступність жестової мови в режимі реального часу.

Ключові слова: BISINDO, жести алфавіту, продуктивність, CNN, VGG-19, MobileNetV2, ResNet-50, Inception-V3.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.343208

РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ПІДБОРУ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ДО ВІДПОВІДНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЕФЕКТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ (с. 42–51)

І. П. Гамеляк, А. М. Харченко, А. М. Дмитриченко, В. В. Сватко, Т. М. Мороз, С. Г. Сіхневич

Об'єкт дослідження – процес підбору методів фільтрації до відповідних зображень дефектів доріг за умови максимального збереження текстур та країв зображених пошкоджень.

Результати дослідження спрямовані на вирішення проблеми забезпечення загальної якості попередньої обробки зображень дефектів за рахунок підбору ефективного фільтра, відповідного до типу зображеного дефекту дороги. Розроблено підхід до підбору методів фільтрації до відповідних зображень дефектів доріг. У порівнянні з традиційними підходами, які зазвичай базуються лише на одному критерії, розроблений підхід заснований на багатокритеріальному виборі ефективного методу. В алгоритмі підходу використано комбінацію оцінки результатів фільтрації за показником пікового співвідношення сигнал/шум (PSNR) та методу візуального оцінювання за встановленими критеріями. Це пояснюється тим, що багатокритеріальний метод підбору фільтра дає за результатами експериментальної апробації кращий інтегральний результат у порівнянні з традиційними. Зокрема, здійснено практичну реалізацію підходу мовою програмування Python (США) та його апробацію на основі зображень 5-ти видів пошкоджень лінійного та площинного типів. За результатами апробації встановлено, що PSNR за результатами обробки зображень поздовжніх тріщин нелокальним усередненим фільтром на 15,26% більше ніж при застосуванні Гаусового фільтра, який пропонується у традиційних дослідженнях. PSNR за результатами обробки зображень вибоїн білінійним фільтром на 15,5% більше ніж при застосуванні Гаусового фільтра. Такі результати свідчать про можливість ефективного застосування цих фільтрів на практиці для попередньої швидкої обробки великих масивів зображень подібних дефектів.

Ключові слова: шумове забруднення, зображення пошкоджень доріг, пікове співвідношення сигнал/шум, фільтрація зображення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.346940

ВИЯВЛЕННЯ ЗМІН НА ЗОБРАЖЕННЯХ СОНАРА БОКОВОГО ОГЛЯДУ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ СПІВСТАВЛЕННЯ ОЗНАК (с. 52–62)

О. М. Катруша, Dmytro Prylipko, К. В. Єфремов

У роботі розглядається виявлення змін між повторними проходами на зображеннях сонара бокового огляду на основі співставлення ознак. Проблемою, що вирішувалася, є недостатня точність і стійкість співставлення у шумних і слабконтрастних умовах морського дна. Було проведено систематичне експериментальне порівняння класичних, згорткових і трансформерних методів виявлення та співставлення ознак (SIFT, DISK, SuperPoint, LoFTR, LightGlue) на двох реальних наборах даних – Atlantic і Baltic. Кількісно та якісно оцінено виявлення та співставлення ключових точок; застосовано метрики зміщення, кутової стабільності та похибки репроекції, а також оцінено ефективність використання ресурсів (час виконання, використання пам'яті). Всі методи продукували інтерпретовану карту змін на низькошумному наборі Baltic. На Atlantic така карта генерувалась епізодично. Комбінація SuperPoint + LightGlue показала найкращі результати відсотку коректних збігів після фільтрації RANSAC (43,4% та 65,6%) та середньої похибки репроекції на обох наборах (36,0 та 3,9 пікс.). LoFTR показав найкраще покриття (до 97%) при відчутно більшому споживанні ресурсів. Ці результати пояснюються здатністю трансформерних архітектур враховувати глобальні просторові залежності, тоді як CNN-підходи є ефективнішими у зонах з вираженою локальною структурою та низьким шумом. Особливістю дослідження є застосування реальних зашумлених даних та порівняння найсучасніших методів співставлення у єдиному експериментальному середовищі. Це дозволяє підвищити надійність співставлення точок та виявлення змін у підводних місцях, моніторингу акваторій, протимінних заходах та автономної навігації. Результати можуть бути використані для подальшої адаптації моделей до акустичних зображень і інтелектуального аналізу акустичних даних.

Ключові слова: сонар бокового огляду, співставлення, комп'ютерний зір, глибоке навчання, виявлення змін.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.344042

ІНТЕГРАЦІЯ МОДЕЛІ ТА СМАРТФОН ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ У ХОЛОДНІЙ ВОДІ (с. 63–71)

І. Й. Єрмакова, О. Є. Волков, А. Ю. Ніколаєнко, О. В. Грицаюк, Ю. П. Тадеєва

Об'єктом дослідження є теплові та фізіологічні реакції людини під час занурення у воду. Ключова проблема полягає в наявному розриві між складними математичними моделями терморегуляції, які вимагають експертних знань, та практичною потребою в доступній оцінці теплових ризиків під час перебування у відкритій воді. Для подолання цього розриву в роботі запропоновано метод, який базується на інтеграції математичної моделі з мобільним застосунком, а результати дослідження підтверджують його ефективність для прогнозування фізіологічних реакцій людини під час перебування у воді. Валідація моделі показала високу точність у прогнозуванні динаміки внутрішньої температури людини у холодній воді (показник Тейла ≈ 0 ; $t(9) = 2,16$, $p > 0,05$).

Моделювання показало, що помірної активності (300 Вт) у воді 10°C призводить до зниження внутрішньої температури, а вищий рівень активності (600 Вт) є достатнім для підтримання температури тіла. Гідрокостюм суттєво впливає на температурний режим людини. Перебування людини у спокої у воді 17°C без гідрокостюму спричиняє гіпотермію ($T_{core} < 36^\circ\text{C}$), а в ньому температура

підтримується нормальною. За умов інтенсивного плавання (1100 Вт) гідрокостюм підвищує температуру людини до 39,2°C, тоді як за його відсутності $T_{core} = 38,1^\circ\text{C}$.

Отримані результати забезпечують кількісне розуміння впливу температури води, рівня занурення, фізичної активності та використання гідрокостюма на теплові реакції людини. Розроблений застосунок може прогнозувати безпечні умови для занять водними видами спорту та рекреаційної діяльності.

Ключові слова: модель, фізична активність у воді, холодний стрес, екстремальні умови середовища, ризики здоров'я.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347658

РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ СТРУКТУР БАГАТОРОЗРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ СУМУВАННЯ ДАНИХ У ДВІЙКОВИХ КОДАХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВОГО БАЗИСУ РАДЕМАХЕРА (с. 72–83)

Я. М. Николайчук, І. Р. Пітух, В. М. Грига

Об'єктом дослідження є процес проектування багаторозрядних суматорів на основі удосконаленої елементної бази їх компонентів у двійкових кодах теоретико-числового базису Радемахера.

Проблемою даного дослідження є те, що відома елементна база сучасних однорозрядних суматорів не дозволяє досягти мінімальних характеристик формування суми і наскрізного переносу у їх структурах за 1 мікротакт.

Удосконалена елементна база однорозрядних суматорів побудована на базі логічного елемента «Виключне І», який має низьку апаратну складність та високу швидкодію формування вихідних сигналів.

Застосовано удосконалені архітектурні рішення повних та неповних однорозрядних двійкових суматорів з мінімальними характеристиками апаратної та часової складності у структурах багаторозрядних суматорів різних типів. Досліджено системні характеристики мікроелектронних структур багаторозрядних суматорів різних типів на базі повних та неповних однорозрядних двійкових комбінаційних суматорів з прямими, інверсними та парафазними входи-виходами.

Розроблено структуру каскадного n -розрядного суматора з прискореним переносом, який має швидкодію в 1,8 рази більшою у порівнянні з відомою реалізацією.

В результаті теоретично встановлено та практично підтверджено, що багаторозрядні суматори на удосконаленій елементній базі мають у 2 рази меншу апаратну складність та у 6 разів більшу швидкодію.

Розроблено структуру каскадного n -розрядного суматора з прискореним переносом, який має швидкодію в 1,8 рази більшою у порівнянні з відомою реалізацією.

З використанням мови опису апаратних засобів VHDL та САПР Vivado проведено моделювання та синтез на ПЛІС 64-бітного суматора каскадного типу, який має у 2 рази більшу швидкодію у порівнянні з відомим.

Сферою застосування розроблених багаторозрядних суматорів базису Радемахера є задачі статистичного, кореляційного, ентропійного аналізу, опрацювання відеозображень, розпізнавання образів та вирішення різноманітних завдань штучного інтелекту.

Ключові слова: каскадні та пірамідальні суматори, повні та неповні суматори, часова та апаратна складність, ПЛІС.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347796

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ШОКОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ (с. 84–93)

С. І. Балага, С. М. Булеца, В. П. Іваницький, В. С. Ковтуненко, Я. П. Легета, Р. О. Мешко, М. М. Рябошук

Об'єктом досліджень є технологічні лінії динамічного шокowego заморожування харчових продуктів із тривалим терміном експлуатації. Вирішувалась проблема зниження енергоспоживання на одиницю продукції і зменшення вартості обслуговування технологічних ліній.

Встановлено, що заміна аналогових датчиків параметрів технологічного процесу на цифрові прилади дозволяє скоротити інтервали переходів між різними режимами роботи лінії більше ніж на 10 хв. Використання в устаткуванні керованих клапанів і вентилів дає можливість оптимізувати режими автоматичного заморожування з урахуванням як показників якості заморожених продуктів, так і ефективності функціонування обладнання. Модернізація обладнання дозволяє створити для технологічних ліній шокowego заморожування більш ефективні програми автоматичного функціонування під наглядом одного оператора. Такий підхід передбачає вибір різних автоматичних технологічних режимів заморожування для різних продуктів. При цьому враховуються параметри продукту (теплопровідність, процентний вміст води, розміри окремих виробів) і кінцевий стан замороженої продукції (глибока заморозка до -30°C , швидка заморозка до -10°C або інші). Розширено сервісні функції системи автоматичного керування технологічної лінії. Зокрема, це самодіагностика, швидке автоматичне реагування на аварійні ситуації, автоматичне попередження витoku холодоагента, розширена інформативність текстово-символьного дисплея, зручність інтерфейсу оператор-обладнання. Експериментальні дослідження модернізованої автоматичної лінії показали зменшення споживання електроенергії майже на 50% при збереженні потужності холодоутворення.

Ключові слова: швидке заморожування, харчові продукти, автоматизація технологічних ліній, удосконалення автоматичного керування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348728

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ТОПОЛОГІЙ WEB-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ НА ОСНОВІ «OPEN USER COMMUNICATION» (с. 94–115)

Л. М. Заміховський, М. Я. Николайчук, І. Т. Левицький

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси взаємодії між компонентами WEB-орієнтованих систем керування на основі технології «Open User Communication» (OUC). Проблема полягає в порушенні консистентності даних на різних рівнях топологій систем

керування технологічними об'єктами при циклічних серверних запитах, необхідності пакетної передачі різномірних типів даних, уніфікації обладнання та технічної валідації рішень.

Розроблено топологію системи на основі SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), серверного PLC (Programmable Logic Controller) і 4-х термінальних PLC з інтеграцією «Open User Communication» в середовищі «TIA Portal». Така топологія вирішує задачу консистентності даних між серверним і термінальними PLC за рахунок передачі в одному фреймі з динамічною вибіркою об'єму різномірних форматів даних.

Розроблено апаратні засоби і прикладне програмне забезпечення на мові FBD (Function Block Diagram) стандарту IEC 61131-3 для реалізації технології «Open User Communication» з передачею до 8192 Bytes в одному фреймі.

Для дослідження інформаційних процесів розроблено і протестовано імітаційну модель взаємодії між серверним і термінальним PLC на основі «Open User Communication» і віртуальних симуляторів PLC з динамічною зміною вибірки даних. Протестовано передачу 12-ти різних форматів даних (загалом 332 Bytes) на базі програмних інструкцій «TSEND_C» і «TRCV_C» в режимі «monitoring-on».

Виконано параметрування тунельного GRE-протоколу для забезпечення одночасного обміну даними між серверним і термінальними PLC на основі «Open User Communication» і програмування PLC через «S7 Communication».

На основі запропонованих рішень розроблено і апробовано в промислових умовах WEB-орієнтовану систему збору даних з технологічних об'єктів водопостачання комунальних підприємств.

Ключові слова: Open User Communication, OUC-топологія, SCADA, PLC Simatic-S7, OUC-імітаційна модель.