

## ABSTRACT AND REFERENCES

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286079

**DEVISING A METHOD FOR RAPID DATA RETRIEVAL USING EXPLORERS FOR BLOCKCHAIN ANALYSIS**

(p. 6–16)

**Yaroslav Dorogy**National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3848-9852>**Vadym Kolisnichenko**National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-6472-2807>

The object of this study is blockchain explorers and their usefulness in efficiently gathering data for blockchain network analysis. The process of blockchain analysis typically involves deploying and synchronizing a blockchain node, which requires significant computational resources and time for synchronization. Analyzing multiple blockchain networks simultaneously demands substantial effort and requires even greater costs.

The developed method involves utilizing publicly accessible blockchain explorers, which allows for rapid data retrieval with minimal computational resources for further analysis. Additionally, obtaining supplementary information from blockchain explorers provides valuable details that may be inaccessible using traditional data retrieval methods.

The efficiency of the proposed method was verified through the development of a prototype system. Data was collected for 14 specified blockchain networks to analyze smart contracts within these networks. Information about accounts (including balance statistics) was gathered, smart contracts were identified among the accounts, data on existing tokens owned by smart contracts was obtained, and bytecode and source code (where available) of contracts were collected and decompiled. The process took nearly 24 hours on a cloud computing machine with minimal configuration.

Based on the collected data, an example smart contract was analyzed to demonstrate the completeness of the process. The results of this research minimize computational resource expenses and allow for a simplified and rapid data gathering process without manual configuration, enabling researchers and analysts to concentrate on subsequent stages of analysis.

**Keywords:** rapid data retrieval, blockchain analysis, blockchain explorers, multithreaded data processing.

**References**

- Iyer, K., Dannen, C. (2018). Building Games with Ethereum Smart Contracts. Apress Berkeley, 269. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3492-1>
- Dorogy, Y., Kolisnichenko, V. (2023). Blockchain Transaction Analysis: A Comprehensive Review of Applications, Tasks and Methods. System research and information technologies. (In Press)
- Werner, R., Lawrenz, S., Rausch, A. (2020). Blockchain Analysis Tool of a Cryptocurrency. Proceedings of the 2020 The 2nd International Conference on Blockchain Technology. doi: <https://doi.org/10.1145/3390566.3391671>
- Hardware requirements. Go-Ethereum. Available at: <https://geth.ethereum.org/docs/getting-started/hardware-requirements>
- Luo, Z., Murukutla, R., Kate, A. (2022). Last Mile of Blockchains: RPC and Node-as-a-service. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.03383>
- Kalodner, H., Möser, M., Lee, K., Goldfeder, S., Plattner, M., Chator, A., Narayanan, A. (2020). BlockSci: Design and applications of a blockchain analysis platform. 29th USENIX Security Symposium, 2721–2738. Available at: <https://www.usenix.org/system/files/sec20-kalodner.pdf>
- Kılıç, B., Özturan, C., Sen, A. (2022). Parallel analysis of Ethereum blockchain transaction data using cluster computing. Cluster Computing, 25 (3), 1885–1898. doi: <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03511-0>
- Kuzuno, H., Karam, C. (2017). Blockchain explorer: An analytical process and investigation environment for bitcoin. 2017 APWG Symposium on Electronic Crime Research (ECrime). doi: <https://doi.org/10.1109/ecrime.2017.7945049>
- Wen, X., Yeo, K. S., Wang, Y., Cheng, L., Zhu, F., Zhu, M. (2023). Code Will Tell: Visual Identification of Ponzi Schemes on Ethereum. Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. doi: <https://doi.org/10.1145/3544549.3585861>
- Acala chain explorer. Acala.network. Available at: <https://blockscout.acala.network/>
- Aves explorer. Avescan.io. Available at: <https://avescan.io>
- Energy web chain explorer. Energyweb.org. Available at: <https://explorer.energyweb.org>
- Eraswap explorer. Eraswap.info. Available at: <https://eraswap.info>
- Karura chain explorer. Karura.network. Available at: <https://blockscout.karura.network>
- Kava Ethereum Co-Chain Explorer. Kava.io. Available at: <https://explorer.kava.io>
- MCH verse explorer. Mycryptoheroes.net. Available at: <https://explorer.oasys.mycryptoheroes.net>
- Nahmii explorer. Nahmii.io. Available at: <https://explorer.nahmii.io>
- Neatio. Neatio.net. Available at: <https://scan.neatio.net>
- Oasys explorer. Oasys.Games. Available at: <https://scan.oasys.games>
- BONE BONE explorer. Shib.io. Available at: <https://puppyscan.shib.io>
- Rootstock (RBTC) explorer. Blockscout.com. Available at: <https://blockscout.com/rsk/mainnet>
- SmartBCH explorer. Sonar.Cash. AVAILABLE AT: <https://sonar.cash>
- Xiden explorer. Xiden.com. Available at: <https://explorer.xiden.com>
- SSD VPS Servers, Cloud Servers and Cloud Hosting. Vultr.com. Available at: <https://www.vultr.com/>
- Ethereum. Verified Contracts. Etherscan.io. Available at: <https://etherscan.io/contractsVerified/>
- Blockchair - Universal blockchain explorer and search engine. Blockchair.com. Available at: <https://blockchair.com/>
- Chains & projects using blockscout. Blockscout.com. Available at: <https://docs.blockscout.com/about/projects>
- Blockchain Explorer - Bitcoin Tracker & More. Blockchain.com. Available at: <https://www.blockchain.com/explorer>
- Blockchain Explorer By Bitquery. Bitquery Explorer. Available at: <https://explorer.bitquery.io/>
- Etherscan Explorer Services. Etherscan.io. Available at: <https://etherscan.io/eaas>
- Unmarshal Blockchain Explorer. Xscan.io. Available at: <https://xscan.io/>
- Open source Ethereum blockchain explorer. Beaconcha.In. Available at: <https://beaconcha.in/>
- Otterscan: A blazingly fast, local, Ethereum block explorer built on top of Erigon. Available at: <https://github.com/otterscan/otterscan>

34. Blockhead - track, visualize & explore all of crypto, DeFi & web3. Blockhead.Info. Available at: <https://blockhead.info/explorer>
35. Eternal: Eternal is a block explorer for EVM-based chains. Available at: <https://github.com/tryeternal/eternal>
36. 3xpl. Available at: <https://3xpl.com/>
37. EthVM: An Open Source Block Explorer for Ethereum with Users In Mind. Available at: <https://github.com/EthVM/EthVM>
38. Explorer: Block explorer showcasing the BlockCypHer APIs. Available at: <https://github.com/blockcypHer/explorer>
39. Search for block, transaction, address. Blockexplorer.One. Available at: <https://blockexplorer.one/>
40. The General Multi-chain Explorer and Blockchain API. Tokenview.io. Available at: <https://tokenview.io/>
41. Blockchain Explorer. Coinmarketcap.com. Available at: <https://blockchain.coinmarketcap.com/>
42. OpenAI (2023). GPT-4 Technical Report. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>
43. OpenAI platform. Openai.com. Available at: <https://platform.openai.com/docs/api-reference>
44. BeautifulSoup4. PyPI. Available at: <https://pypi.org/project/beautifulsoup4/>
45. palkeo. panoramix: Ethereum decompiler. Available at: <https://github.com/palkeo/panoramix>
46. Meisami, S., Bodell, W. E. (2023). A Comprehensive Survey of Upgradeable Smart Contract Patterns. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03405>
47. Multiprocessing - Process-based parallelism. Python Documentation. Available at: <https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html>
48. StakeAVS (0x75fA5fecE2A9783e28856c1A7EA3Af544690ebc8) - explorer. Avescan.Io. Available at: <https://avescan.io/address/0x75fA5fecE2A9783e28856c1A7EA3Af544690ebc8>
49. Stake.Sol. Available at: <https://gist.github.com/VaWheel/072250e3b419fb9ad8e5c9b411776579>
50. StakeDecompiled.Py. Available at: <https://gist.github.com/VaWheel/ad80df2f8b15067388876e92d8b80901>
51. Online Solidity Decompiler. Available at: <https://ethervm.io/decompile>
52. RSK explorer. Rsk.Co. Available at: <https://explorer.rsk.co/>
53. Blockchair - Crunchbase Company Profile & Funding. Crunchbase.com. Available at: <https://www.crunchbase.com/organization/blockchair>
54. Block Explorers. Alchemy.com. Available at: <https://www.alchemy.com/best/block-explorers>
55. API - Blockscout. Blockscout.com. Available at: <https://docs.blockscout.com/for-users/api>
56. Brenning, A., Henn, S. (2023). Web scraping: a promising tool for geographic data acquisition. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.19893>
57. EVM Bytecode Decompiler. Dedaub.com. Available at: <https://library.dedaub.com/decompile>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286160**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF SYMBOLIC EXECUTION BY CLUSTERING THE INPUT DATA BASED ON THE COMPLEXITY OF TEST GENERATION (p. 17–25)**

**Roman Bazylevych**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7949-1353>

**Andrii Franko**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8359-7353>

The object of research is means to increase computational effectiveness for automatic unit test generation process. It provides arguments for developing new method to achieve wider use of symbolic execution in commercial software development. The main task of the research is to create adaptive code clustering method that considers test generation complexity for structural source code elements and available computational resources that will increase effectiveness of computations. It is achieved by estimating test generation complexity and balancing the it for produced clusters during clusterization. As a result, proposed clustering method is adaptive to hardware and source code variability. It is shown that developed approach provides up to 30 % increase in computation effectiveness compared to clustering based on code structural properties alone for selected samples and up to 250 % in separate cases. This is caused by balanced estimated test generation complexity within generated clusters. It limits path explosion to expected levels that match computational resources for every cluster. Estimate of test generation complexity makes it possible to stop the computation when the spent time exceeds the corresponding complexity limit. Consequently, it makes it possible to prevent performing unnecessary computations. Proposed method makes it possible to use symbolic execution in commercial software development due to higher adaptability for source code and hardware variations. It will allow to reduce expenses on early-stage software testing and provide means for determining feasibility of symbolic execution for commercial projects.

**Keywords:** unit testing, effective computations, dynamic code analysis, static code analysis.

**References**

1. Le, W. (2013). Segmented symbolic analysis. 2013 35th International Conference on Software Engineering (ICSE). doi: <https://doi.org/10.1109/icse.2013.6606567>
2. Shen, S., Shinde, S., Ramesh, S., Roychoudhury, A., Saxena, P. (2019). Neuro-Symbolic Execution: Augmenting Symbolic Execution with Neural Constraints. Proceedings 2019 Network and Distributed System Security Symposium. doi: <https://doi.org/10.14722/ndss.2019.23530>
3. Yi, Q., Yang, G. (2022). Feedback-Driven Incremental Symbolic Execution. 2022 IEEE 33rd International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE). doi: <https://doi.org/10.1109/issre55969.2022.00055>
4. Cadar, C., Nowack, M. (2020). KLEE symbolic execution engine in 2019. International Journal on Software Tools for Technology Transfer, 23 (6), 867–870. doi: <https://doi.org/10.1007/s10009-020-00570-3>
5. Vishnyakov, A., Fedotov, A., Kuts, D., Novikov, A., Parygina, D., Kobrin, E. et al. (2020). Sydr: Cutting Edge Dynamic Symbolic Execution. 2020 Ivannikov Ispras Open Conference (ISPRAS). doi: <https://doi.org/10.1109/ispras51486.2020.00014>
6. Singh, S., Khurshid, S. (2020). Parallel Chopped Symbolic Execution. Lecture Notes in Computer Science, 107–125. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63406-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63406-3_7)
7. Păsăreanu, C. S., Kersten, R., Luckow, K., Phan, Q.-S. (2019). Symbolic Execution and Recent Applications to Worst-Case Execution, Load Testing, and Security Analysis. Advances in Computers, 289–314. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2018.10.004>
8. Bazylevych, R. P., Franko, A. V. (2022). Hierarchical model of automated test generation system. Scientific Bulletin of UNFU, 32 (4), 77–83. doi: <https://doi.org/10.36930/40320412>
9. Bazylevych, R., Franko, A. (2022). Input decomposition by clusterization for symbolic execution. 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). doi: <https://doi.org/10.1109/csit56902.2022.10000433>

10. Poeplau, S., Francillon, A. (2019). Systematic comparison of symbolic execution systems. Proceedings of the 35th Annual Computer Security Applications Conference. doi: <https://doi.org/10.1145/3359789.3359796>
11. Mues, M., Howar, F. (2022). GDart: An Ensemble of Tools for Dynamic Symbolic Execution on the Java Virtual Machine (Competition Contribution). Lecture Notes in Computer Science, 435–439. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99527-0\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99527-0_27)
12. Peitek, N., Apel, S., Parnin, C., Brechmann, A., Siegmund, J. (2021). Program Comprehension and Code Complexity Metrics: A Replication Package of an fMRI Study. 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion).doi:<https://doi.org/10.1109/icse-companion52605.2021.00071>
13. Bazylevych, R., Palasinski, M., Bazylevych, L., Yanush, D. (2013). Partitioning optimization by iterative reassignment of the hierarchically built clusters with border elements. 2013 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). doi: <https://doi.org/10.1109/meco.2013.6601362>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286338**

### **INTERPRETATION OF LABORATORY RESULTS THROUGH COMPREHENSIVE AUTOMATION OF MEDICAL LABORATORY USING OpenAI (p. 26–34)**

**Kuanysh Kadirkulov**

Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0506-4890>

**Aisulu Ismailova**

Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8958-1846>

**Aliya Beissegul**

Smart Lab Kazakhstan LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0053-2539>

**Sandugash Serikbayeva**

L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1729-6875>

**Dinara Kazimova**

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7169-7931>

**Gulmira Tazhigulova**

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7026-3947>

In modern medicine, laboratory tests play an important role in the diagnosis, treatment and monitoring of patients. However, the volume and complexity of the data obtained can create challenges for interpreting the results. In this paper, we present a study on the application of integrated automation of a medical laboratory using OpenAI for a more accurate and effective interpretation of laboratory results.

Interpreting laboratory results through integrated automation using artificial intelligence (AI) and other digital technologies automatically analyzes and interprets laboratory results. This approach aims to streamline the process of interpreting laboratory results and provide more accurate, consistent and timely results to healthcare providers. Comprehensive automation of the interpretation of laboratory results can improve the efficiency and accuracy of laboratory results, leading to improved patient outcomes and better clinical decision-making. However, it is essential to note that AI models are imperfect and can still make mistakes. Therefore, healthcare professionals should always review automated interpretation results

before diagnosing or treating. The work presented results in applying OpenAI to interpret laboratory results in the laboratory information system smartLAB Kazakhstan, which provides a complete cycle of automation of all medical laboratory processes.

In the course of the study, an automated information system of a medical research complex using artificial intelligence was developed and implemented.

**Keywords:** information system, OpenAI, interpretation, laboratory analyzers, equipment.

### **References**

1. Abdumanonov, A. A. (2016). Osobennosti razrabotki avtomatizirovannykh rabochikh mest polzovatelei meditsinskikh informatsionnykh sistem. Simvol nauki, 1-2, 11–14. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razrabotki-avtomatizirovannykh-rabochih-mest-polzovateley-meditsinskikh-informatsionnykh-sistem>
2. Yu, K.-H., Beam, A. L., Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. Nature Biomedical Engineering, 2 (10), 719–731. doi: <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
3. Herman, D. S., Rhoads, D. D., Schulz, W. L., Durant, T. J. S. (2021). Artificial Intelligence and Mapping a New Direction in Laboratory Medicine: A Review. Clinical Chemistry, 67 (11), 1466–1482. doi: <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvab165>
4. Guliyev, Ya. I., Tsvetkov, A. A. (2016). Ensuring Information Security in Healthcare Organizations. Doctor and Information Technology, 6, 49–62. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-informatsionnoy-bezopasnosti-v-meditsinskikh-organizatsiyah>
5. Demirci, F., Akan, P., Kume, T., Sisman, A. R., Erbayraktar, Z., Sevinc, S. (2016). Artificial Neural Network Approach in Laboratory Test Reporting. American Journal of Clinical Pathology, 146 (2), 227–237. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqw104>
6. Mencacci, A., De Socio, G. V., Pirelli, E., Bondi, P., Cenci, E. (2023). Laboratory automation, informatics, and artificial intelligence: current and future perspectives in clinical microbiology. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 13. doi: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1188684>
7. Evgina, S. A., Gusev, A. V., Shamanskiy, M. B., Godkov, M. A. (2022). Artificial intelligence on the doorstep of the laboratory. Laboratornaya Sluzhba, 11 (2), 18. doi: <https://doi.org/10.17116/labs20221102118>
8. Rabbani, N., Kim, G. Y. E., Suarez, C. J., Chen, J. H. (2022). Applications of machine learning in routine laboratory medicine: Current state and future directions. Clinical Biochemistry, 103, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2022.02.011>
9. Jackins, V., Vimal, S., Kaliappan, M., Lee, M. Y. (2020). AI-based smart prediction of clinical disease using random forest classifier and Naive Bayes. The Journal of Supercomputing, 77 (5), 5198–5219. doi: <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03481-x>
10. Renjit, J. A., Shunmuganathan, K. L. (2010). Distributed and cooperative multi-agent based intrusion detection system. Indian Journal of Science and Technology, 3 (10), 1070–1074. doi: <https://doi.org/10.17485/ijst/2010/v3i10.2>
11. Ilin, I. V., Levina, A. I., Iliashenko, O. Yu. (2017). Reengineering of high-tech and specialized Medical care delivery process for telemedicine system implementation. Proceedings of the 29th International Business Information Management Association Conference – Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017, 1822–1831.
12. Laboratory information system – a solution for automation of work processes in modern laboratories. Available at: [www.lis.kz](http://www.lis.kz)
13. Health Level Seven International. Available at: [https://wiki.hl7.org/Main\\_Page](https://wiki.hl7.org/Main_Page).
14. International Association for Testing Materials. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/ASTM\\_International](https://en.wikipedia.org/wiki/ASTM_International).

15. Models. V4 of the OpenAI Typescript. Available at: <https://platform.openai.com/docs/api-reference/models>
16. API reference. Available at: <https://platform.openai.com/docs/api-reference>

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2023.286381

**IMPROVING THE ACCURACY OF IDENTIFYING OBJECTS IN DIGITAL FRAMES OF ONE SERIES THROUGH THE PROCEDURE OF PRELIMINARY IDENTIFICATION OF MEASUREMENTS (p. 35–43)**

**Sergii Khlamov**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>

**Vadym Savanevych**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8840-8278>

**Vladimir Vlasenko**

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8639-4415>

**Tetiana Trunova**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2689-2679>

**Volodymyr Troianskyi**

Astronomical Observatory of Odesa I. I. Mechnykov National University, Odesa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5899-2300>

**Viktoriya Shvedun**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5170-4222>

**Iryna Tabakova**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6629-4927>

The object of this study is images of various objects of the Solar System on a series of digital frames. The variety and quality of shooting conditions make it difficult to identify a frame with the corresponding part of the sky. This fact significantly reduces the quality indicators of detection and estimation of the position of objects of the Solar System using already known computational methods and international astronomical astrometric and photometric catalogs. To solve this problem, a procedure for preliminary identification of measurements of digital frames of one series was devised.

This procedure is based on the determination of the shift parameters between the dimensions of a frame and the forms of a catalog or another frame. Also, taking into account the possibility of forming false measurements has made it possible to increase the accuracy of identification and resistance to various kinds of destabilizing factors. Based on this, the final estimation of the shift parameters between frames was performed. Due to these features, the use of the devised preliminary identification procedure makes it possible to improve identification with reference astronomical objects and reduce the number of false detections. The study showed that when identifying frames, the fitting gives the best accuracy of binding to the starry sky. Also, the standard deviation of frame identification errors in this case is 7–10 times less than without using the devised procedure.

The procedure developed for preliminary identification of measurements of digital frames of one series was tested in practice within the framework of the CoLiTec project. It has been incorporated into the Lemur software for automated detection of new and tracking of known objects. Owing to the use of the Lemur software and the proposed procedure implemented in it, more than 700,000 measure-

ments of various astronomical objects under study were successfully identified.

**Keywords:** image processing, parameter estimation, measurement identification, series of frames, catalog form.

**References**

1. Dearborn, D. P. S., Miller, P. L. (2014). Defending Against Asteroids and Comets. Handbook of Cosmic Hazards and Planetary Defense. Springer International Publishing 1–18. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02847-7\\_59-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02847-7_59-1)
2. Mykhailova, L. O., Savanevych, V. E., Sokovykova, N. S., Bezkrivnii, M. M., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V. (2014). Method of maximum likelihood estimation of compact group objects location on CCD-frame. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (4 (71)), 16–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28028>
3. Savanevych, V. E., Khlamov, S. V., Akhmetov, V. S., Briukhovetskyi, A. B., Vlasenko, V. P., Dikov, E. N. et al. (2022). CoLiTecVS software for the automated reduction of photometric observations in CCD-frames. Astronomy and Computing, 40, 100605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100605>
4. Vavilova, I., Pakuliak, L., Babyk, I., Elyiv, A., Dobrycheva, D., Melnyk, O. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 57–102. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00015-1>
5. Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the Web 2.0 age. SPIE Astronomical Telescopes and Instrumentation, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II, 8451, 13. doi: <https://doi.org/10.1117/12.925321>
6. Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., Bogatov, I. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (3 (104)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198527>
7. Khlamov, S., Savanevych, V. (2020). Big Astronomical Datasets and Discovery of New Celestial Bodies in the Solar System in Automated Mode by the CoLiTec Software. Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation. Elsevier, 331–345. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00030-8>
8. Troianskyi, V., Kankiewicz, P., Oszkiewicz, D. (2023). Dynamical evolution of basaltic asteroids outside the Vesta family in the inner main belt. Astronomy & Astrophysics, 672, A97. doi: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202245678>
9. Akhmetov, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Dikov, E. (2019). Cloud Computing Analysis of Indian ASAT Test on March 27, 2019. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 315–318. doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061243>
10. Oszkiewicz, D., Troianskyi, V., Galád, A., Hanuš, J., Ďurech, J., Wilawer, E. et al. (2023). Spins and shapes of basaltic asteroids and the missing mantle problem. Icarus, 397, 115520. doi: <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115520>
11. Smith, G. E. (2010). Nobel Lecture: The invention and early history of the CCD. Reviews of Modern Physics, 82 (3), 2307–2312. doi: <https://doi.org/10.1103/revmodphys.82.2307>
12. Savanevych, V., Khlamov, S., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Tabakova, I. (2023). Mathematical Methods for an Accurate Navigation of the Robotic Telescopes. Mathematics, 11 (10), 2246. doi: <https://doi.org/10.3390/math11102246>
13. Kuzmyn, S. Z. (2000). Tsyfrovaia radyolokatsiia. Vvedenye v teoriyu. Kyiv: Yzdatelstvo KviTs, 428.
14. Savanevych, V., Khlamov, S., Vlasenko, V., Deineko, Z., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Formation of a typical form of an object image in a series of digital frames. Eastern-

- European Journal of Enterprise Technologies, 6 (2 (120)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266988>
15. Klette, R. (2014). *Concise computer vision. An Introduction into Theory and Algorithms*. London: Springer, 233. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
  16. Kirichenko, L., Zinchenko, P., Radivilova, T. (2021). Classification of time realizations using machine learning recognition of recurrence plots. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1246 AISC, 687–696. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_44)
  17. Savanevych, V., Akhmetov, V., Khlamov, S., Dikov, E., Briukhovetskyi, A., Vlasenko, V. et al. (2019). Selection of the reference stars for astrometric reduction of CCD-frames. *Advances in Intelligent Systems and Computing: Springer Nature Switzerland*, 1080, 881–895. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_57)
  18. Belov, L. A. (2021). *Radioelektronika. Formirovanie stabilnykh chastot i signalov*. Moscow: Izdatelstvo Iurait, 268.
  19. Lösler, M., Eschelbach, C., Riepl, S. (2018). A modified approach for automated reference point determination of SLR and VLBI telescopes: First investigations at Satellite Observing System Wettzell. *Technisches Messen*, 85, 616–626. doi: <https://doi.org/10.1515/teme-2018-0053>
  20. Akhmetov, V., Khlamov, S., Tabakova, I., Hernandez, W., Nieto Hipolito, J. I., Fedorov, P. (2019). New approach for pixelization of big astronomical data for machine vision purpose. 2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 1706–1710. doi: <https://doi.org/10.1109/isie.2019.8781270>
  21. Minaee, S., Boykov, Y. Y., Porikli, F., Plaza, A. J., Kehtarnavaz, N., Terzopoulos, D. (2021). Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44 (7), 3523–3542. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
  22. Dadkhah, M., Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., Shamshirband, S., Jazi, M. D. (2019). Methodology of wavelet analysis in research of dynamics of phishing attacks. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 12(3/4), 220–238. doi: <https://doi.org/10.1504/ijaip.2019.098561>
  23. Kirichenko, L., Saif, A., Radivilova, T. (2020). Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (5), 183–198. doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110527>
  24. Hampson, K. M., Gooding, D., Cole, R., Booth, M. J. (2019). High precision automated alignment procedure for two-mirror telescopes. *Applied Optics*, 58 (27), 7388–7391. doi: <https://doi.org/10.1364/ao.58.007388>
  25. Parimucha, Š., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, O. B., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V., Vlasenko, V. P. (2019). CoLiTecVS – A new tool for an automated reduction of photometric observations. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 49 (2), 151–153.
  26. Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Chelombitko, V., Tabakova, I. (2022). Development of computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (119)), 24–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265309>
  27. Burger, W., Burge, M. (2010). *Principles of digital image processing: core algorithms*. Springer Science & Business Media, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
  28. Khlamov, S., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Recognition of the astronomical images using the Sobel filter. 2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). doi: <https://doi.org/10.1109/iwssip55020.2022.9854425>
  29. Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazyey, N., Isaeva, E., Golovnia, V. (2018). The Simeiz plate collection of the ODESSA astronomical observatory. 11th Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, 207–216.
  30. Li, T., DePoy, D., Marshall, J., Nagasawa, D., Carona, D., Boada, S. (2014). Monitoring the atmospheric throughput at Cerro Tololo Inter-American Observatory with aTmCam. *Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy V*, 9147, 2194–2205. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2055167>
  31. Zacharias, N., Finch, C. T., Girard, T. M., Henden, A., Bartlett, J. L., Monet, D. G., Zacharias, M. I. (2013). The fourth US naval observatory CCD astrograph catalog (UCAC4). *The Astronomical Journal*, 145 (2), 44. doi: <https://doi.org/10.1088/0004-6256/145/2/44>
  32. Luo, X., Gu, S., Xiang, Y., Wang, X., Yeung, B., Ng, E. et al. (2022). Active longitudes and starspot evolution of the young rapidly rotating star USNO-B1.0 1388–0463685 discovered in the Yunnan–Hong Kong survey. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 514 (1), 1511–1521. doi: <https://doi.org/10.1093/mnras/stac1406>
  33. CoLiTec project. Available at: <https://www.colitec.space>
  34. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, 3171, 1043–1055.
  35. Kobzar, A. I. (2006). *Prikladnaia matematicheskaia statistika. Dlia inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLI, 816.
  36. Sergienko, A. B. (2011). *Tcifrovaia obrabotka signalov*. Saint Petersburg: BKhV-SPb, 768.
  37. Shvedun, V. O., Khlamov, S. V. (2016). Statistical modeling for determination of perspective number of advertising legislation violations. *Actual Problems of Economics*, 184 (10), 389–396.
  38. Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4), 312–323.
  39. Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 516.
  40. Buslov, P., Shvedun, V., Streltsov, V. (2018). Modern Tendencies of Data Protection in the Corporate Systems of Information Consolidation. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. *Science and Technology (PIC S&T)*, 285–288. doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632089>
  41. Petrychenko, A., Levykin, I., Iuriev, I. (2021). Improving a method for selecting information technology services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 32–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229983>
  42. Qiang, Z., Bai, X., Zhang, Q., Lin, H. (2019). A CME Automatic Detection Method Based on Adaptive Background Learning Technology. *Advances in Astronomy*, 2019, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/6582104>
  43. Baranova, V., Zeleniy, O., Deineko, Z., Bielcheva, G., Lyashenko, V. (2019). Wavelet Coherence as a Tool for Studying of Economic Dynamics in Infocommunication Systems. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, *Science and Technology (PIC S&T)*, 336–340. doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061301>
  44. Sen, S., Agarwal, S., Chakraborty, P., Singh, K. (2022). Astronomical big data processing using machine learning: A comprehensive review. *Experimental Astronomy*, 53 (1), 1–43. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.07248>
  45. Feigelson, E. D., Babu, G. J., Caceres, G. A. (2018). Autoregressive Times Series Methods for Time Domain Astronomy. *Frontiers in Physics*, 6, 80. doi: <https://doi.org/10.3389/fphy.2018.00080>
  46. Bogod, V. M., Svidskiy, P. M., Kurochkin, E. A., Shendrik, A. V., Everstov, N. P. (2018). A Method of Forecasting Solar Activity Based on Radio Astronomical Observations. *Astrophysical Bulletin*, 73 (4), 478–486. doi: <https://doi.org/10.1134/s1990341318040119>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284600

IDENTIFICATION OF WEEDS IN FIELDS BASED ON COMPUTER VISION TECHNOLOGY (p. 44–52)

Mira Kaldarova

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,  
Astana, Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-9794>

**Akerke Akanova**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,  
Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7178-2121>

**Aizhan Nazyrova**

Astana International University, Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9162-6791>

**Assel Mukanova**

Astana International University, Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8964-3891>

**Assemgul Tynykulova**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,  
Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4557-6869>

The problem of multiple zones in computer vision, including pattern recognition in the agricultural sector, occupies a special place in the field of artificial intelligence in the modern aspect.

The object of the study is the recognition of weeds based on deep learning and computer vision. The subject of the study is the effective use of neural network models in training, involving classification and processing using datasets of plants and weeds. The relevance of the study lies in the demand of the modern world in the use of new information technologies in industrial agriculture, which contributes to improving the efficiency of agro-industrial complexes. The interest of private agricultural enterprises and the state is caused by an increase in the yield of agricultural products. To recognize weeds, machine learning methods, in particular neural networks, were used. The process of weed recognition is described using the Mark model, as a result of processing 1,562 pictures, segmented images are obtained. Due to the annual increase in weeds on the territory of Kazakhstan and in the course of solving these problems, a new plant recognition code was developed and written in the scanner software module. The scanner, in turn, provides automatic detection of weeds. Based on the results of a trained neural network based on the MaskRCNN neural network model written in the scanner software module meeting new time standards, the automated plant scanning and recognition system was improved. The weed was recognized in an average of 0.2 seconds with an accuracy of 89 %, while the additional human factor was completely removed. The use of new technology helps to control weeds and contributes to solving the problem of controlling them.

**Keywords:** computer vision, image segmentation, neural network model, pattern recognition algorithms.

**References**

- Patricio, D. I., Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69–81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.001>
- Gomes, J. F. S., Leta, F. R. (2012). Applications of computer vision techniques in the agriculture and food industry: a review. *European Food Research and Technology*, 235 (6), 989–1000. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1844-2>
- Urmashiev, B., Buribayev, Z., Amirgaliyeva, Z., Ataniyazova, A., Zhassuzak, M., Turegali, A. (2021). Development of a weed detection system using machine learning and neural network algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (114)), 70–85. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246706>
- Sunil, G. C., Zhang, Y., Koparan, C., Ahmed, M. R., Howatt, K., Sun, X. (2022). Weed and crop species classification using computer vision and deep learning technologies in greenhouse conditions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100325>
- Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X., Li, Y. (2020). Computer vision technology in agricultural automation – A review. *Information Processing in Agriculture*, 7 (1), 1–19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.006>
- Ahmad, Z., Shahid Khan, A., Wai Shiang, C., Abdullah, J., Ahmad, F. (2020). Network intrusion detection system: A systematic study of machine learning and deep learning approaches. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32 (1). doi: <https://doi.org/10.1002/ett.4150>
- Li, Y., Randall, C. J., Woesik, R. van, Ribeiro, E. (2019). Underwater video mosaicing using topology and superpixel-based pairwise stitching. *Expert Systems with Applications*, 119, 171–183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.041>
- Sivarajan, S., Maharlooei, M., Bajwa, S. G., Nowatzki, J. (2018). Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. *Soil and Tillage Research*, 175, 234–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.09.001>
- Liu, H., Lee, S.-H., Chahl, J. S. (2016). A review of recent sensing technologies to detect invertebrates on crops. *Precision Agriculture*, 18 (4), 635–666. doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9473-6>
- Sabzi, S., Abbaspour-Gilandeh, Y., Garc a-Mateos, G. (2018). A fast and accurate expert system for weed identification in potato crops using metaheuristic algorithms. *Computers in Industry*, 98, 80–89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.001>
- Toseef, M., Khan, M. J. (2018). An intelligent mobile application for diagnosis of crop diseases in Pakistan using fuzzy inference system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.07.034>
- Magic, M., Magic, J. (2019). *Image Classification Using Python and Techniques of Computer Vision and Machine Learning*. Independently published, 114.
- Huang, Y., Jiang, L., Han, T., Xu, S., Liu, Y., Fu, J. (2022). High-Accuracy Insulator Defect Detection for Overhead Transmission Lines Based on Improved YOLOv5. *Applied Sciences*, 12 (24), 12682. doi: <https://doi.org/10.3390/app122412682>
- Kubo, S., Yamane, T., Chun, P. (2022). Study on Accuracy Improvement of Slope Failure Region Detection Using Mask R-CNN with Augmentation Method. *Sensors*, 22 (17), 6412. doi: <https://doi.org/10.3390/s22176412>
- Osorio, K., Puerto, A., Pedraza, C., Jamaica, D., Rodríguez, L. (2020). A Deep Learning Approach for Weed Detection in Lettuce Crops Using Multispectral Images. *AgriEngineering*, 2 (3), 471–488. doi: <https://doi.org/10.3390/agriengineering2030032>
- Almodaresi, S. A., Mohammadrezaei, M., Dolatabadi, M., Natoghi, M. R. (2019). Qualitative Analysis of Groundwater Quality Indicators Based on Schuler and Wilcox Diagrams: IDW and Kriging Models. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*. doi: <https://doi.org/10.18502/jehsd.v4i4.2023>
- Tseng, H.-H., Yang, M.-D., Saminathan, R., Hsu, Y.-C., Yang, C.-Y., Wu, D.-H. (2022). Rice Seedling Detection in UAV Images Using Transfer Learning and Machine Learning. *Remote Sensing*, 14 (12), 2837. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14122837>
- Chilukuri, D. M., Yi, S., Seong, Y. (2022). A robust object detection system with occlusion handling for mobile devices. *Computational Intelligence*, 38 (4), 1338–1364. doi: <https://doi.org/10.1111/coin.12511>
- Yu, Y., Zhang, K., Yang, L., Zhang, D. (2019). Fruit detection for strawberry harvesting robot in non-structural environment based on Mask-RCNN. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104846. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.06.001>
- Su, W.-H., Zhang, J., Yang, C., Page, R., Szinyei, T., Hirsch, C. D., Steffenson, B. J. (2020). Automatic Evaluation of Wheat Resistance to Fusarium Head Blight Using Dual Mask-RCNN Deep Learning Frameworks in Computer Vision. *Remote Sensing*, 13 (1), 26. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13010026>

21. Valladares, S., Toscano, M., Tufiño, R., Morillo, P., Vallejo-Huanga, D. (2021). Performance Evaluation of the Nvidia Jetson Nano Through a Real-Time Machine Learning Application. *Intelligent Human Systems Integration* 2021, 343–349. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_51)
22. Jain, N., Gupta, V., Shubham, S., Madan, A., Chaudhary, A., Santosh, K. C. (2021). Understanding cartoon emotion using integrated deep neural network on large dataset. *Neural Computing and Applications*, 34 (24), 21481–21501. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06003-9>
23. Liu, W., Chen, S., Guo, L., Zhu, X., Liu, J. (2021). CPTR: Full transformer network for image captioning. *arXiv*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.10804>
24. Rashid, K. M Louis, J. (2019). Times-series data augmentation and deep learning for construction equipment activity recognition. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100944. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100944>
25. Srivastava, S., Divekar, A. V., Anilkumar, C., Naik, I., Kulkarni, V., Pattabiraman, V. (2021). Comparative analysis of deep learning image detection algorithms. *Journal of Big Data*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00434-w>
26. Ghayour, L., Neshat, A., Paryani, S., Shahabi, H., Shirzadi, A., Chen, W. et al. (2021). Performance Evaluation of Sentinel-2 and Landsat 8 OLI Data for Land Cover/Use Classification Using a Comparison between Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 13 (7), 1349. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13071349>
27. Liu, Y.-C., Ma, C.-Y., He, Z., Kuo, C.-W., Chen, K., Zhang, P. et al. (2021). Unbiased teacher for semi-supervised object detection. *arXiv*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.09480>
28. Yeshmukhametov, A. N., Koganezawa, K., Buribayev, Z., Amirgaliyev, Y., Yamamoto, Y. (2020). Study on multi-section continuum robot wire-tension feedback control and load manipulability. *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application*, 47 (6), 837–845. doi: <https://doi.org/10.1108/ir-03-2020-0054>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281790**

### **DCNN-BASED EMBEDDED MODELS FOR PARALLEL DIAGNOSIS OF OCULAR DISEASES (p. 53–69)**

**Mamoon A Al Jbaar**

Ninevah University, Cornish, Mosul, Iraq

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9734-3397>

**Shefa A. Dawwd**

University of Mosul, Mosul, Iraq

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8878-7941>

An automated system for detecting ocular diseases with computer-aided tools is essential to identify different eye disorders through fundus pictures. This is because diagnosing ocular illnesses manually is a complicated, time-consuming, and error-prone process. In this research, two multi-label embedded architectures based on a deep learning strategy were proposed for ocular disease recognition and classification. The ODIR (Ocular Disease Intelligent Recognition) dataset was adopted for those models. The suggested designs were implemented as parallel systems. The first model was developed as a parallel embedded system that leverages transfer learning to implement its classifiers. The implementation of these classifiers utilized the deep learning network from VGG16, while the second model was introduced with a parallel architecture, and its classifiers were implemented based on newly proposed deep learning networks. These networks were notable for their small size, limited layers, speedy response, and accurate performance. Therefore, the new proposed design has several benefits, like a small classification network size (20 % of VGG16), enhanced speed, and reduced energy consumption, as well as the suitability for IoT applications that support smart systems like

Raspberry Pi and Self-powered components, which possess the ability to function as long as a charged battery is available. The highest accuracy of 0.9974 and 0.96 has been obtained in both proposed models for Myopia ocular disease detection and classification. Compared to research that had been presented in the same field, the performance accuracy of each of the two models shown was high. The P3448-0000 Jetson Nano Developer Kit is used to implement both of the proposed embedded models

**Keywords:** ocular diseases, fundus imaging, optical coherence tomography, deep learning, multi-label embedded architectures, parallel architecture, transfer learning, ODIR, training, validation

### **References**

1. Alwakid, G., Gouda, W., Humayun, M. (2023). Deep Learning-Based Prediction of Diabetic Retinopathy Using CLAHE and ESRGAN for Enhancement. *Healthcare*, 11 (6), 863. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11060863>
2. Marouf, A. A., Mottalib, M. M., Alhaji, R., Rokne, J., Jafarullah, O. (2022). An Efficient Approach to Predict Eye Diseases from Symptoms Using Machine Learning and Ranker-Based Feature Selection Methods. *Bioengineering*, 10 (1), 25. doi: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10010025>
3. Albahli, S., Ahmad Hassan Yar, G. N. (2022). Automated detection of diabetic retinopathy using custom convolutional neural network. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 30 (2), 275–291. doi: <https://doi.org/10.3233/xst-211073>
4. Ebri, A. E., Govender, P., Naidoo, K. S. (2019). Prevalence of vision impairment and refractive error in school learners in Calabar, Nigeria. *African Vision and Eye Health*, 78 (1). doi: <https://doi.org/10.4102/aveh.v78i1.487>
5. Pakbin, M., Katibeh, M., Pakravan, M., Yaseri, M., Soleimanizad, R. (2015). Prevalence and causes of visual impairment and blindness in central Iran; The Yazd eye study. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*, 10 (3), 279. doi: <https://doi.org/10.4103/2008-322x.170362>
6. Elzean, C., Sakr, E. (2021). Proposed three-dimensional designs for the color wheel to help blind persons understand matching colors of their clothes. *International Design Journal*, 11 (2), 417–423. doi: <https://doi.org/10.21608/idj.2021.153624>
7. Demir, F., Taşçı, B. (2021). An Effective and Robust Approach Based on R-CNN+LSTM Model and NCAR Feature Selection for Ophthalmological Disease Detection from Fundus Images. *Journal of Personalized Medicine*, 11 (12), 1276. doi: <https://doi.org/10.3390/jpm11121276>
8. Biswas, R. K., Rahman, N., Islam, H., Senserrick, T., Bhowmik, J. (2020). Exposure of mobile phones and mass media in maternal health services use in developing nations: evidence from Urban Health Survey 2013 of Bangladesh. *Contemporary South Asia*, 29 (3), 460–473. doi: <https://doi.org/10.1080/09584935.2020.1770698>
9. Alam, K. N., Khan, M. S., Dhruva, A. R., Khan, M. M., Al-Amri, J. F., Masud, M., Rawashdeh, M. (2021). Deep Learning-Based Sentiment Analysis of COVID-19 Vaccination Responses from Twitter Data. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/4321131>
10. He, J., Li, C., Ye, J., Qiao, Y., Gu, L. (2021). Self-speculation of clinical features based on knowledge distillation for accurate ocular disease classification. *Biomedical Signal Processing and Control*, 67, 102491. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102491>
11. Kadhim, Y. A., Khan, M. U., Mishra, A. (2022). Deep Learning-Based Computer-Aided Diagnosis (CAD): Applications for Medical Image Datasets. *Sensors*, 22 (22), 8999. doi: <https://doi.org/10.3390/s22228999>
12. Roy, A. G., Conjeti, S., Karri, S. P. K., Sheet, D., Katouzian, A., Wachinger, C., Navab, N. (2017). ReLayNet: retinal layer and fluid segmentation of macular optical coherence tomography using fully convolutional networks. *Biomedical Optics Express*, 8 (8), 3627. doi: <https://doi.org/10.1364/boe.8.003627>

13. Lee, C. S., Tying, A. J., Deruyter, N. P., Wu, Y., Rokem, A., Lee, A. Y. (2017). Deep-learning based, automated segmentation of macular edema in optical coherence tomography. *Biomedical Optics Express*, 8 (7), 3440. doi: <https://doi.org/10.1364/boe.8.003440>
14. Oda, M., Yamaguchi, T., Fukuoka, H., Ueno, Y., Mori, K. (2020). Automated eye disease classification method from anterior eye image using anatomical structure focused image classification technique. *Medical Imaging 2020: Computer-Aided Diagnosis*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2549951>
15. Maaliw, R. R., Alon, A. S., Lagman, A. C., Garcia, M. B., Abante, M. V., Belleza, R. C. et al. (2022). Cataract Detection and Grading Using Ensemble Neural Networks and Transfer Learning. 2022 IEEE 13th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON). doi: <https://doi.org/10.1109/iemcon56893.2022.9946550>
16. Marrapu, H. K. (2022). Detection of Glaucoma Using Deep Learning Techniques: Literature Survey. *Specialis Ugdymas*, 1 (43), 8089–8098. Available at: <http://www.sumc.lt/index.php/se/article/view/1182/915>
17. Kashyap, R., Nair, R., Gangadharan, S. M. P., Botto-Tobar, M., Farooq, S., Rizwan, A. (2022). Glaucoma Detection and Classification Using Improved U-Net Deep Learning Model. *Healthcare*, 10 (12), 2497. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare10122497>
18. Bhimavarapu, U., Battineni, G. (2022). Deep Learning for the Detection and Classification of Diabetic Retinopathy with an Improved Activation Function. *Healthcare*, 11 (1), 97. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11010097>
19. Fan, R., Bowd, C., Christopher, M., Brye, N., Proudfoot, J. A., Reza-pour, J. et al. (2022). Detecting Glaucoma in the Ocular Hypertension Study Using Deep Learning. *JAMA Ophthalmology*, 140 (4), 383. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2022.0244>
20. Lin, M., Hou, B., Liu, L., Gordon, M., Kass, M., Wang, F. et al. (2022). Automated diagnosing primary open-angle glaucoma from fundus image by simulating human's grading with deep learning. *Scientific Reports*, 12 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17753-4>
21. Santos-Bustos, D. F., Nguyen, B. M., Espitia, H. E. (2022). Towards automated eye cancer classification via VGG and ResNet networks using transfer learning. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 35, 101214. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2022.101214>
22. Abdelmotaal, H., Hazarbasanov, R., Taneri, S., Al-Timemy, A., Lavric, A., Takahashi, H., Yousefi, S. (2023). Detecting dry eye from ocular surface videos based on deep learning. *The Ocular Surface*, 28, 90–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2023.01.005>
23. Choudhary, A., Ahlawat, S., Urooj, S., Pathak, N., Lay-Ekuakille, A., Sharma, N. (2023). A Deep Learning-Based Framework for Retinal Disease Classification. *Healthcare*, 11 (2), 212. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11020212>
24. Park, S.-J., Ko, T., Park, C.-K., Kim, Y.-C., Choi, I.-Y. (2022). Deep Learning Model Based on 3D Optical Coherence Tomography Images for the Automated Detection of Pathologic Myopia. *Diagnostics*, 12 (3), 742. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12030742>
25. Seif, G. (2018). Handling imbalanced datasets in deep learning. Available at: <https://towardsdatascience.com/handling-imbalanced-datasets-in-deep-learning-f48407a0e758>
26. Hodge, W. G., Whitcher, J. P., Satariano, W. (1995). Risk Factors for Age-related Cataracts. *Epidemiologic Reviews*, 17 (2), 336–346. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epireva.a036197>
27. Liu, Y.-C., Wilkins, M., Kim, T., Malyugin, B., Mehta, J. S. (2017). Cataracts. *The Lancet*, 390 (10094), 600–612. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)30544-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)30544-5)
28. Al-Jarrah, M. A., Shatnawi, H. (2017). Non-proliferative diabetic retinopathy symptoms detection and classification using neural network. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 41 (6), 498–505. doi: <https://doi.org/10.1080/03091902.2017.1358772>
29. Verkicharla, P. K., Ohno-Matsui, K., Saw, S. M. (2015). Current and predicted demographics of high myopia and an update of its associated pathological changes. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 35 (5), 465–475. doi: <https://doi.org/10.1111/opo.12238>
30. Garcia-Villanueva, C., Milla, E., Bolarin, J. M., García-Medina, J. J., Cruz-Espinosa, J., Benítez-del-Castillo, J. et al. (2022). Impact of Systemic Comorbidities on Ocular Hypertension and Open-Angle Glaucoma, in a Population from Spain and Portugal. *Journal of Clinical Medicine*, 11 (19), 5649. doi: <https://doi.org/10.3390/jcm11195649>
31. Rakhmetulayeva, S., Syrymbet, Z. (2022). Implementation of convolutional neural network for predicting glaucoma from fundus images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 70–77. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269229>
32. Esengönül, M., Cunha, A. (2023). Glaucoma Detection using Convolutional Neural Networks for Mobile Use. *Procedia Computer Science*, 219, 1153–1160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.396>
33. He, T., Zhou, Q., Zou, Y. (2022). Automatic Detection of Age-Related Macular Degeneration Based on Deep Learning and Local Outlier Factor Algorithm. *Diagnostics*, 12 (2), 532. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12020532>
34. Fang, H., Li, F., Fu, H., Sun, X., Cao, X., Lin, F. et al. (2022). ADAM Challenge: Detecting Age-Related Macular Degeneration From Fundus Images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 41 (10), 2828–2847. doi: <https://doi.org/10.1109/tmi.2022.3172773>
35. Salih, T. A., Basman Gh., M. (2020). A novel Face Recognition System based on Jetson Nano developer kit. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 928 (3), 032051. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/928/3/032051>
36. Wang, J., Yang, L., Huo, Z., He, W., Luo, J. (2020). Multi-Label Classification of Fundus Images With EfficientNet. *IEEE Access*, 8, 212499–212508. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3040275>
37. Li, C., Ye, J., He, J., Wang, S., Qiao, Y., Gu, L. (2020). Dense Correlation Network for Automated Multi-Label Ocular Disease Detection with Paired Color Fundus Photographs. 2020 IEEE 17th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). doi: <https://doi.org/10.1109/isbi45749.2020.9098340>
38. Dipu, N. M., Alam Shohan, S., Salam, K. M. A. (2021). Ocular Disease Detection Using Advanced Neural Network Based Classification Algorithms. *ASIAN JOURNAL OF CONVERGENCE IN TECHNOLOGY*, 7 (2), 91–99. doi: <https://doi.org/10.33130/ajct.2021v07i02.019>
39. Gour, N., Khanna, P. (2021). Multi-class multi-label ophthalmological disease detection using transfer learning based convolutional neural network. *Biomedical Signal Processing and Control*, 66, 102329. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102329>
40. Kumar, E. S., Bindu, C. S. (2021). MDCF: Multi-Disease Classification Framework On Fundus Image Using Ensemble Cnn Models. *Journal of Jilin University*, 40 (09), 35–45. doi: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ZHA9C>
41. He, J., Li, C., Ye, J., Qiao, Y., Gu, L. (2021). Multi-label ocular disease classification with a dense correlation deep neural network. *Biomedical Signal Processing and Control*, 63, 102167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102167>
42. Boyina, L., Boddu, K., Tankasala, Y., Vani, K. S. (2022). Classification of Uncertain ImageNet Retinal Diseases using ResNet Model. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 10 (2s), 35–42. Available at: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/2358>
43. Bhati, A., Gour, N., Khanna, P., Ojha, A. (2023). Discriminative kernel convolution network for multi-label ophthalmic disease detection on imbalanced fundus image dataset. *Computers in Biology and Medicine*, 153, 106519. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compbmed.2022.106519>
44. Emir, B., Colak, E. (2023). Performance analysis of pretrained convolutional neural network models for ophthalmological disease classi-



fication (Version 1). SciELO journals. doi: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22548323.v1>

45. Mayya, V., S. S. K., Kulkarni, U., Surya, D. K., Acharya, U. R. (2022). An empirical study of preprocessing techniques with convolutional neural networks for accurate detection of chronic ocular diseases using fundus images. *Applied Intelligence*, 53 (2), 1548–1566. doi: <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03490-8>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286615**

**ARCHITECTURE OF HYBRID MECHATRONIC DOSING AND PACKING MODULE OF PACKAGING MACHINE BASED ON QUALITATIVE ANALYSIS (p. 70–79)**

**Oleksandr Gavva**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2938-0230>

**Liudmyla Kryvoplias-Volodina**  
CAMOZZI LTD, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9906-6381>

**Andrii Marynin**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6692-7472>

**Sergii Blazhenko**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9152-4859>

**Serhii Tokarchuk**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8187-0854>

**Oleksandr Volodin**

Campus Amberg, Amberg, Germany  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9418-989X>

A qualitative analysis of the process of packaging liquid products (non-carbonated drinking water) using the example of a hybrid mechatronic dosing and packaging module was performed. The computer model of the mechatronic module is described by the basic operators of the Simulink program, taking into account the differential equations for changing the technological parameters of liquid dosing and the accepted initial and boundary conditions of the process. The modes of operation of the hybrid mechatronic dosing and packaging module are programmed using the driver. The boundary conditions of the process of formation and extrusion of the dose of the product are taken into account. The control system of the module is arranged on the principle of feedback and a sharp change in pressure in the portion receiver (from excess, within 3 bars to rarefaction up to –850 mbar). The analysis of individual stages of the dosing process is described, followed by the elaboration of accepted assumptions. During the tests of the computer model of the hybrid mechatronic dosing and packaging module, the accuracy of repetitions of dose formation was determined within  $\pm 0.22\%$  and  $0.9\%$  of the set value of the dose mass of 50...200 ml.

An experimental bench was designed, which could provide an opportunity to check the results obtained from the computer model. The research results would allow using digital control and measuring equipment to check the accuracy of dosing of the product from 50 ml to 200 ml.

In the course of computer simulation, the effects of the given parameters of the dosing process on the accuracy of the product dose formation were determined, as well as the laws of the necessary distribution of compressed air pressure were formed to maintain the given productivity. The research results could make it possible to improve the designs of liquid product dosing modules and to determine the input parameters for field studies.

**Keywords:** dose formation, hybrid mechatronic module, dosing and packaging operation, feedback, dosing accuracy.

**References**

- Lengerke, O., Martínez, C. (2008). *Mechatronics Design of a Low-Cost Packaging and Dosing Machine for Doughy Products*. ABCM Symposium Series in Mechatronics, 3, 717–725. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/229040784>
- Isermann, R. (2023). *Designs and Specification of Mechatronic Systems*. Springer Handbooks, 287–313. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96729-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96729-1_13)
- Badiru, A. B., Omitaomu, O. A. (2023). *Systems 4.0*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003312277>
- Rangappa, S. M., Jyotishkumar, P., Thiagamani, S. M. K., Krishnasamy, S., Siengchin, S. (2020). *Food Packaging*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429322129>
- Brody, A. L. (2017). *Flexible Packaging of Foods*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315151007>
- Hocken, R. J., Pereira, P. H. (Eds.) (2016). *Coordinate Measuring Machines and Systems*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/b11022>
- Wright, T., Gerhart, P. (2009). *Fluid Machinery*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/b15836>
- Bauer, E. (2016). *Pharmaceutical Packaging Handbook*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.3109/9781420012736>
- Sukhareva, L. A., Yakovlev, O. A., Legonkova, V. S. (2008). *Polymers for Packaging and Containers in Food Industry*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/b12240>
- DeMaria, K. (1999). *The Packaging Development Process*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781482278897>
- Klee, H. (2018). *Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420044195>
- Silva, C. W. de (2022). *Modeling of Dynamic Systems with Engineering Applications*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003124474>
- Patalano, S., Vitolo, F. (2022). *Concurrent Multi-domain Modelling and Simulation for Energy-Efficient Mechatronic Systems*. *EcoMechanics*, 111–128. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-07555-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-07555-1_8)
- Vazquez-Santacruz, J. A., Portillo-Velez, R., Torres-Figueroa, J., Marin-Urias, L. F., Portilla-Flores, E. (2023). *Towards an integrated design methodology for mechatronic systems*. *Research in Engineering Design*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00163-023-00416-4>
- Ning, S., Long, Y., Zhao, Y., Liu, J., Bo, X., Lu, S., Gao, J. (2021). *Research on micro-liquid dispensing driven by a syringe pump with the consideration of air volume*. *Microsystem Technologies*, 27 (10), 3653–3666. doi: <https://doi.org/10.1007/s00542-020-05133-9>
- Takase, T., Masumoto, N., Shibata, N., Matsuoka, Y., Tanaka, F., Hirabatake, M. et al. (2022). *Evaluating the safety and efficiency of robotic dispensing systems*. *Journal of Pharmaceutical Health Care and Sciences*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40780-022-00255-w>
- Singh, A., Asjad, M., Singh, Y. V., Alam, S. (2023). *Machine Configuration Based on Machine Reliability and Production Rate Criteria Through Line Balancing Algorithm in Reconfigurable Manufacturing System (RMS)*. *Recent Advances in Intelligent Manufacturing*, 157–175. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-99-1308-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1308-4_14)
- Kartmann, S., Koltay, P., Zengerle, R., Ernst, A. (2015). *Pressure Transducer for Medical Applications Employing Radial Expansion of a Low-cost Polymer Tube*. *Procedia Engineering*, 120, 1213–1216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.832>
- Gavva, O., Kryvoplias-Volodina, L., Yakymchuk, M. (2017). *Structural-parametric synthesis of hydro-mechanical drive of hoisting and lowering mechanism of package-forming machines*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (89)), 38–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111552>
- Vavřík, V., Fúsko, M., Bučková, M., Gašo, M., Furmannová, B., Štaffenová, K. (2022). *Designing of Machine Backups in Reconfigu-*

nable Manufacturing Systems. *Applied Sciences*, 12 (5), 2338. doi: <https://doi.org/10.3390/app12052338>

21. Furmann, R., Furmannová, B., Więcek, D. (2017). Interactive Design of Reconfigurable Logistics Systems. *Procedia Engineering*, 192, 207–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.036>
22. Gavva, O., Kryvoplias-Volodina, L., Blazhenko, S., Tokarchuk, S., Derenivska, A. (2021). Synthesis of precision dosing system for liquid products based on electropneumatic complexes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (114)), 125–135. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247187>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286463**

**PLANNING TRAJECTORIES OF A MANIPULATION ROBOT WITH A SPHERICAL COORDINATE SYSTEM FOR REMOVING OXIDE FILM IN THE PRODUCTION OF COMMERCIAL LEAD, ZINC (p. 80–89)**

**Akambay Beisembayev**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4763-0769>

**Anargul Yerbossynova**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1042-1234>

**Petro Pavlenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2581-230X>

**Mukhit Baibatsbayev**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2106-4885>

The object of this study is the technological operation of removing the oxide film from the surface of the metal melt, foundry production of commercial lead, zinc. To carry out the robotization of this technological operation, it is proposed to use a manipulation robot with a spherical coordinate system. A kinematic structure of a manipulation robot with six degrees of mobility and two arms is proposed. On the first arm of the manipulation robot, a movable blade is fixed, and on the second arm, a rotary blade is fixed. With the translational movement of the first hand, the movable blade rakes the oxide film onto the rotary blade. Further, the oxide film collected on the rotary blade is thrown into a special container with a rotational movement. Restrictions are introduced on the values of generalized coordinates, velocities, and accelerations for each degree of mobility of the manipulation robot. Taking into account these limitations, for the implementation of this process, software trajectories have been developed for the degrees of mobility of the manipulation robot, which are approximated by quadratic polynomials. Each program movement is divided into three sections, in the first section acceleration with a given acceleration is carried out, in the second section movement with a given speed, in the third section braking with a given acceleration. To assess the reliability of the developed software trajectories, simulations were carried out in the MatLab software environment, version R2015b. The resulting graphs of program trajectories coincide with the

calculated values of the generalized coordinates, time intervals, speeds, and accelerations of change in the generalized coordinates in terms of the degrees of mobility of the manipulation robot. The period of time required to remove the oxide film is 15.88 s. On the basis of the results obtained, a cyclogram for controlling a manipulation robot was built to perform the technological operation of removing the oxide film in the production of commercial lead, zinc.

**Keywords:** oxide film, manipulation robot, trajectory planning, program trajectory, quadratic interpolation.

**References**

1. Belov, V. D. et al.; Belov, V. D. (Ed.) (2015). *Liteynoe proizvodstvo*. Moscow: Izd. dom MISiS, 487.
2. Romanteev, Yu. P., Bystrov, V. P. (2010). *Metallurgiya tyazhelykh tsvetnykh metallov*. Svinets. Tsink. Kadmiy. Moscow: MISiS, 576.
3. Әсембай, А. Ә. (2017). *Razrabotka modeley i algoritmov postroeniya robototekhnicheskikh sistem pri robotizatsii liteynykh proizvodstv tsvetnykh metallov*. Almaty: KazNITU, 170.
4. Beisembayev, A., Yerbossynova, A., Pavlenko, P., Baybatshayev, M. (2023). Development of a software trajectory of a manipulation robot for removing oxide film in the production of commercial magnesium. *KazATC Bulletin*, 127 (4). Available at: <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/article/view/1322>
5. Arkhipov, M. V. (2020). *Promyshlennye roboty: upravlenie manipulyatsionnymi robotami*. Moscow: Yurayt, 170.
6. Ruiz-Celada, O., Verma, P., Diab, M., Rosell, J. (2022). Automating Adaptive Execution Behaviors for Robot Manipulation. *IEEE Access*, 10, 123489–123497. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3223995>
7. Akbari, A., Lagriffoul, F., Rosell, J. (2018). Combined heuristic task and motion planning for bi-manual robots. *Autonomous Robots*, 43 (6), 1575–1590. doi: <https://doi.org/10.1007/s10514-018-9817-3>
8. Dai, H., Lu, Z., He, M., Yang, C. (2023). A Gripper-like Exoskeleton Design for Robot Grasping Demonstration. *Actuators*, 12 (1), 39. doi: <https://doi.org/10.3390/act12010039>
9. Xu, S., Ou, Y., Duan, J., Wu, X., Feng, W., Liu, M. (2019). Robot trajectory tracking control using learning from demonstration method. *Neurocomputing*, 338, 249–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.01.052>
10. Kazim, I. J., Tan, Y., Qaseer, L. (2021). Integration of DE Algorithm with PDC-APF for Enhancement of Contour Path Planning of a Universal Robot. *Applied Sciences*, 11 (14), 6532. doi: <https://doi.org/10.3390/app11146532>
11. Wu, G., Zhao, W., Zhang, X. (2020). Optimum time-energy-jerk trajectory planning for serial robotic manipulators by reparameterized quintic NURBS curves. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 235 (19), 4382–4393. doi: <https://doi.org/10.1177/0954406220969734>
12. Biagiotti, L., Melchiorri, C. (2019). Trajectory generation via FIR filters: A procedure for time-optimization under kinematic and frequency constraints. *Control Engineering Practice*, 87, 43–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2019.03.017>

## АНОТАЦІЇ

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286079****РОЗРОБКА МЕТОДУ ШВИДКОГО ОТРИМАННЯ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЛОРЕРІВ ДЛЯ БЛОКЧЕЙН АНАЛІЗУ (с. 6–16)****Я. Ю. Дорогий, В. Ю. Колісніченко**

Об'єктом дослідження є блокчейн експлорери та їх використання у швидкому зборі даних для аналізу блокчейн-мереж. Процес блокчейн-аналізу зазвичай включає в себе розгортання та синхронізацію блокчейн-вузла, що потребує значних обчислювальних ресурсів та часу на синхронізацію. Проведення аналізу кількох блокчейн-мереж одночасно вимагає значних зусиль та вимагає ще більших витрат.

Розроблений метод полягає у використанні публічно доступних блокчейн експлорів, що дозволить швидко та з мінімальними обчислювальними ресурсами отримати необхідні дані для подальшого аналізу. Крім того, можливість отримання додаткової інформації з блокчейн експлорерів надає цінні деталі, які можуть бути недоступні, якщо використовувати традиційні методи отримання даних.

Ефективність запропонованого методу перевірена за допомогою розробленого прототипа системи. Для заданих 14 блокчейн-мереж були зібрані дані для проведення аналізу смарт-контрактів мереж. Були зібрані дані про акаунти (включаючи статистику по балансам), серед акаунтів виділені смарт-контракти, отримані дані про наявні токени (якими володіють смарт-контракти), зібрані байт-коди контрактів та їх вихідні коди (при наявності), проведена їх декомпіляція. Час процесу зайняв майже 24 години для обраної хмарної обчислювальної машини з мінімальною конфігурацією. На основі зібраних даних, для прикладу повноти процесу, було проаналізовано випадковий смарт-контракт.

Результати цього дослідження мінімізують витрати на обчислювальні ресурси та дозволяють без ручної конфігурації здійснювати спрощений і прискорений процес збору даних, надаючи дослідникам та аналітикам можливість зосередитися на наступних етапах аналізу.

**Ключові слова:** швидкий збір даних, блокчейн аналіз, блокчейн експлорери, багатопотокова обробка даних.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286160****ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИМВОЛЬНОГО ВИКОНАННЯ ШЛЯХОМ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ВХІДНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ СКЛАДНОСТІ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТІВ (с. 17–25)****Р. П. Базилевич, А. В. Франко**

Об'єктом дослідження є методи підвищення ефективності обчислень для автоматизованого модульного тестування. Обґрунтовано необхідність їх подальшого розвитку для ширшого застосування символьного виконання у комерційній розробці програмних продуктів. Для досягнення цієї мети запропоновано створити новий метод кластеризації вхідних даних, що дозволить ефективніше виконувати обчислення за рахунок адаптивності до особливостей апаратного забезпечення та вхідних даних у вигляді програмного коду. Це досягається за рахунок оцінювання складності генерування тестів для функцій, як структурних одиниць програмного коду. Запропоновано метод кластеризації, що поділяє вхідні дані символьного виконання на кластери та балансує їх для забезпечення граничного значення складності генерування тестів. Продемонстровано підвищення ефективності обчислень на 30 % для обраних прикладів завдяки використанню розроблених методів у порівнянні з кластеризацією лише за структурними характеристиками програмного коду та до 250 % у окремих випадках. Це досягається за рахунок розподілу структурних елементів програмного коду між кластерами таким чином, щоб складність генерування тестів для них відповідала можливостям обчислювальної системи. Визначено, що оцінка складності дає змогу вчасно зупинити обчислення, коли затрачений час є граничним по відношенню до оціненої складності генерування тестів, що запобігає виконанню зайвих операцій. У комерційній розробці програмного забезпечення запропоновані методи забезпечать адаптивність засобів символьного виконання до наявних вхідних даних та обчислювальних ресурсів, що підвищить ефективність тестування.

**Ключові слова:** модульне тестування, ефективність обчислень, статичний аналіз коду, динамічний аналіз коду.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286338****ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕДИЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ OpenAI (с. 26–34)****Kuanysh Kadirkulov, Aisulu Ismailova, Aliya Beissegul, Sandugash Serikbayeva, Dinara Kazimova, Gulmira Tazhigulova**

У сучасній медицині лабораторні дослідження відіграють важливу роль у діагностиці, лікуванні та спостереженні за пацієнтами. Однак обсяг і складність отриманих даних можуть створювати проблеми при інтерпретації результатів. У даній роботі представлено дослідження щодо застосування комплексної автоматизації медичної лабораторії з використанням OpenAI для більш точної та ефектної інтерпретації результатів лабораторних досліджень.

Інтерпретація результатів лабораторних досліджень за допомогою комплексної автоматизації з використанням штучного інтелекту (ШІ) та інших цифрових технологій автоматично аналізує та інтерпретує результати лабораторних досліджень. Даний підхід спрямований на оптимізацію процесу інтерпретації результатів лабораторних досліджень і надання більш точних, послідовних та своєчасних результатів медичним працівникам. Комплексна автоматизація інтерпретації результатів лабораторних досліджень може

підвищити їх ефективність та точність, що призведе до поліпшення результатів лікування пацієнтів та більш ефективного прийняття клінічних рішень. Однак важливо зазначити, що моделі ШІ недосконалі і все ще можуть припускати помилок. Тому медичні працівники завжди повинні перевіряти результати автоматичної інтерпретації перед діагностикою або лікуванням. У роботі представлені результати застосування OpenAI для інтерпретації результатів лабораторних досліджень у лабораторній інформаційній системі smartLAB Kazakhstan, що забезпечує повний цикл автоматизації всіх процесів медичної лабораторії.

В ході дослідження була розроблена і впроваджена автоматизована інформаційна система медичного дослідницького комплексу з використанням штучного інтелекту.

**Ключові слова:** інформаційна система, OpenAI, інтерпретація, лабораторні аналізатори, обладнання.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286381**

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТOTOЖНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЦИФРОВИХ КАДРАХ ОДНІЙ СЕРІЇ ЗА РАХУНОК ПРОЦЕДУРИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОТOTOЖНЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ (с. 35–43)**

**С. В. Хламов, В. Є. Саваневич, В. П. Власенко, Т. О. Трунова, В. В. Троянський, В. О. Шведун, І. С. Табакова**

Об'єктом дослідження є зображення різноманітних об'єктів Сонячної Системи на серії цифрових кадрів. Різноманітність та якість умов зйомки призводить до того, що виконання ідентифікації кадру з відповідною ділянкою неба становиться скрутним. Даний факт значно знижує показники якості виявлення та оцінювання положення об'єктів Сонячної Системи за допомогою вже відомих обчислювальних методів та міжнародних астрономічних астрометричних та фотометричних каталогів. Для вирішення цієї проблеми було розроблено процедуру попереднього ототожнення вимірювань цифрових кадрів однієї серії.

Дана процедура заснована на визначенні параметрів зсуву між вимірами кадру та формулярами каталогу чи іншого кадру. Також облік можливості формування помилкових вимірів дозволив підвищити стійкість до різного роду факторів, що дестабілізують. Грунтуючись на цьому, було виконано фінальну оцінку параметрів зсуву між кадрами. Завдяки цим особливостям використання розробленої процедури попереднього ототожнення дозволяє покращити ототожнення з опорними астрономічними об'єктами та скоротити кількість помилкових виявлень. Дослідження показало, що при ототожненні кадрів фітінг дає кращу точність прив'язки до зоряного неба. Також середньоквадратичне відхилення помилок ототожнення кадрів у цьому випадку у 7–10 разів менше, ніж без застосування розробленої процедури.

Розроблена процедура попереднього ототожнення вимірювань цифрових кадрів однієї серії була апробована практично в рамках проекту CoLiTec. Вона була впроваджена у програмному забезпеченні Lemig для автоматизованого виявлення нових та супроводу відомих об'єктів. Завдяки використанню програмного забезпечення Lemig та впровадженій в нього запропонованої процедури було успішно оброблено та ототожнено понад 700 000 вимірювань різних об'єктів, що досліджуються.

**Ключові слова:** обробка зображень, оцінка параметрів, ототожнення вимірювань, серія кадрів, формуляр каталогу.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284600**

## **ВИЯВЛЕННЯ БУР'ЯНІВ НА ПОЛЯХ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ (с. 44–52)**

**Mira Kaldarova, Akerke Akanova, Aizhan Nazyrova, Assel Mukanova, Assemgul Tynykulova**

Проблема множинності зон у комп'ютерному зорі, зокрема розпізнавання образів в агросекторі, займає особливе місце в області штучного інтелекту у сучасному аспекті.

Об'єктом дослідження є розпізнавання бур'янових рослин на основі глибокого навчання і комп'ютерного зору. Предметом дослідження є ефективне використання моделей нейронних мереж у навчанні, що включає в себе класифікацію та обробку з використанням даних датів рослин та бур'янів. Актуальність дослідження полягає у вимозі сучасного світу щодо застосування нових інформаційних технологій в агропромисловій сфері, що сприяє підвищенню ефективності роботи агропромислових комплексів. Інтерес приватних сільгосп підприємств та держави викликаний збільшенням зростання врожайності сільгосппродуктів. Для розпізнавання бур'янів використовувалися методи машинного навчання, зокрема нейронні мережі. За допомогою моделі Марка описаний процес розпізнавання бур'янів, в результаті обробки 1562 картин отримані сегментовані зображення. У зв'язку зі щорічним посиленням бур'янів на території Казахстану і в ході вирішення цих проблем розроблений новий код для розпізнавання рослин та прописаний в програмний модуль сканера. Сканер, в свою чергу, забезпечує автоматичне виявлення бур'янів. За результатами навченої нейронної мережі на основі моделі нейромережі MaskRCNN, прописаної в програмному модулі сканера, що відповідає новим стандартам часу, покращена автоматизована система сканування та розпізнавання рослин. Бур'янову рослину було розпізнано в середньому за 0,2 секунди з показником точності 89 %, при цьому додатковий людський фактор був повністю видалений. Застосування нових технологій допомагає боротися з бур'янами та сприяє вирішенню проблеми боротьби з ними.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, сегментація зображень, модель нейронної мережі, алгоритми розпізнавання образів.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281790**

## **ВБУДОВАНІ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ DCNN ДЛЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ОЧЕЙ (с. 53–69)**

**Mamoon A Al Jbaar, Shefa A. Dawwd**

Для виявлення різних захворювань очей за знімками очного дна необхідна автоматизована система виявлення очних захворювань за допомогою комп'ютерних інструментів. Це пов'язано з тим, що діагностика очних захворювань вручну є складним, трудомістким і схильним до помилок процесом. У дослідженні для розпізнавання та класифікації очних захворювань запропоновано дві багатозначні

вбудовані архітектури на основі стратегії глибокого навчання. Для цих моделей був використаний набір даних ODIR (інтелектуальне розпізнавання очних захворювань). Запропоновані розробки реалізовані у вигляді паралельних систем. Перша модель була розроблена як паралельна вбудована система, що використовує трансферне навчання для реалізації своїх класифікаторів. При реалізації цих класифікаторів використовувалася мережа глибокого навчання VGG16, тоді як друга модель представлена з паралельною архітектурою, а її класифікатори реалізовані на основі нових запропонованих мереж глибокого навчання. Дані мережі відрізняються невеликим розміром, обмеженою кількістю шарів, швидкодією та точністю. Таким чином, нова запропонована розробка має ряд переваг, таких як невеликий розмір мережі класифікації (20 % VGG16), висока швидкодія та знижене енергоспоживання, а також придатність для IoT-додатків, що підтримують інтелектуальні системи, такі як Raspberry Pi, та автономні компоненти, що мають здатність функціонувати поки заряджений акумулятор. В обох запропонованих моделях для виявлення і класифікації такого очного захворювання як короткозорість була отримана найвища точність 0,9974 і 0,96. У порівнянні з дослідженнями, представленими в тій же області, точність кожної з двох показаних моделей була високою. Для реалізації обох запропонованих вбудованих моделей використовується комплект розробника Jetson Nano P3448-0000.

**Ключові слова:** очні захворювання, візуалізація очного дна, оптична когерентна томографія, глибоке навчання, багатозначні вбудовані архітектури, паралельна архітектура, трансферне навчання, ODIR, навчання, перевірка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286615

### АРХІТЕКТУРА ГІБРИДНОГО МЕХАТРОННОГО ДОЗУВАЛЬНО-ФАСУВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ОСНОВІ КВАЛІТАТИВНОГО АНАЛІЗУ (с. 70–79)

О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс–Володіна, А.І. Маринін, С. В. Токарчук, С. І. Блаженко, О.С. Володін

Здійнено квалітативний аналіз процесу фасування рідких продуктів (вода питна негазована) на прикладі гібридного мехатронного дозувально-фасувального модуля. Комп'ютерна модель мехатронного модуля описана базовими операторами програми Simulink з врахуванням диференціальних рівнянь зміни технологічних параметрів дозування рідини та прийнятими початковими й граничними умовами процесу. Програмно встановлені режими роботи гібридного мехатронного дозувально-фасувального модуля за допомогою драйвера. Враховані граничні умови процесу формування і витиснення дози продукту. Система керування модулем облаштована на принципі зворотного зв'язку та різкої зміни тиску у порційному ресивері (від надлишкового, у межах 3 бари до розрідження до –850 мбар). Описано аналіз окремих етапів процесу дозування із подальшим опрацюванням прийнятих допусків. Під час випробувань комп'ютерної моделі гібридного мехатронного дозувально-фасувального модуля, визначена точність повторювань формування дози у межах  $\pm 0,22\%$  та  $0,9\%$  від встановленої величини маси дози 50..200 мл.

Виготовлена конструкція експериментального стенда, що надасть можливість перевірити отримані результати від комп'ютерної моделі. Отримані результати досліджень дозволять за допомогою цифрового контрольно-вимірювального обладнання перевірити точність дозування продукту від 50 мл до 200 мл.

В ході проведення комп'ютерного моделювання визначено впливи заданих параметрів процесу дозування на точність формування дози продукту, а також сформовані закони необхідного розподілення тиску стисненого повітря, для дотримання заданої продуктивності. Отримані результати досліджень дозволять удосконалити конструкції модулів дозування рідких продуктів та визначити вхідні параметри для проведення натурних досліджень.

**Ключові слова:** формування дози, гібридний мехатронний модуль, дозувально-фасувальна операція, зворотний зв'язок, точність дозування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286463

### ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ МАНІПУЛЯЦІЙНОГО РОБОТА ЗІ СФЕРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ КООРДИНАТ ДЛЯ ЗНЯТТЯ ОКСИДНОЇ ПЛІВКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТОВАРНОГО СВИНЦЮ ТА ЦИНКУ (с. 80–89)

Akambay Beisembayev, Anargul Yerbosynova, Petro Pavlenko, Mukhit Baibatshayev

Об'єктом дослідження є технологічна операція з видалення оксидної плівки з поверхні розплаву металу ливарного виробництва товарного свинцю та цинку. Для проведення роботизації цієї технологічної операції пропонується застосувати маніпуляційний робот зі сферичною системою координат. Запропоновано кінематичну структуру маніпуляційного робота, який має шість ступенів рухливості та дві руки. На першій руці маніпуляційного робота закріплена рухлива, а на другій руці закріплена поворотна лопатка. Поступальним рухом першої руки рухлива лопатка нагрібає оксидну плівку на поворотну лопатку. Далі зібрана на поворотній лопатці оксидна плівка обертальним рухом скидається у спеціальну ємність. Вводяться обмеження на значення узагальнених координат, швидкостей та прискорень щодо кожного ступеня рухливості маніпуляційного робота. З урахуванням цих обмежень для реалізації цього процесу розроблено програмні траєкторії за ступенями рухливості маніпуляційного робота, які апроксимуються квадратичними поліномами. Кожен програмний рух розбивається на три ділянки, на першій ділянці здійснюють розгін із заданим прискоренням, на другій – рух із даною швидкістю, на третій – гальмування із заданим прискоренням. Для оцінки достовірності розроблених програмних траєкторій проведено моделювання в програмному середовищі MatLab версії R2015b. Отримані графіки програмних траєкторій збігаються з обчисленими значеннями узагальнених координат, інтервалів часу, швидкостей і прискорень зміни узагальнених координат за ступенями рухливості маніпуляційного робота. Період часу, необхідний для зняття оксидної плівки, дорівнює 15,88 с. На основі отриманих результатів розроблено циклограму керування маніпуляційним роботом для виконання технологічної операції зняття оксидної плівки при виробництві товарного свинцю, цинку.

**Ключові слова:** оксидна плівка, маніпуляційний робот, планування траєкторій, програмна траєкторія, квадратична інтерполяція.