

## ABSTRACT AND REFERENCES

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269133**  
**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SOLVING**  
**THE PROBLEM OF IT PRODUCT CONFIGURATION**  
**ANALYSIS (p. 6–19)**

**Maksym Ievlanov**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

**Nataliya Vasilcova**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4043-487X>

**Olga Neumyvakina**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6936-6543>

**Iryna Panforova**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7032-9109>

The object of this study is the process of managing the configuration of an IT project.

During the study, the problem of analyzing the configuration of an IT product was solved. Research in this area is mainly aimed at solving the problem of configuration analysis during the refactoring of a monolithic IT product into individual services or microservices. Questions about the methods of decomposing the description of the architecture of the developed IT product into separate functional configuration items (CI) remain almost unexplored.

As a result of the study, a method has been developed that makes it possible to build in the form of a dendrogram all possible options for decomposing the description of the IT product architecture into separate CIs. Unlike existing ones, the proposed method takes into account the degree of repetition of CI descriptions. The method is based on a Smith Maknaoton's divisive algorithm for solving the clustering problem. For its use, when solving the problem, the method for determining the distance between two functional CIs was modified.

The devised method passed an experimental test during the development of the functional task "Formation and maintenance of the individual plan of the scientific and pedagogical employee of the department". As CI, 10 functions of the task were considered. To define these functions, the descriptions of 12 entities in the problem database were used. As a result, a dendrogram was constructed with all possible options for decomposing the description of the task architecture into separate CIs.

Using the results of the study, it is possible to distinguish separate functional CIs and CI groups, the descriptions of which are strongly similar to each other. This allows one to improve the quality of IT product development by assigning such CI groups to one and the same executor of the IT project.

The reported results are used to form backlogs of the IT product and further distribute their elements among the executors of the IT project.

**Keywords:** IT product, architecture description, configuration item, divisive algorithm, Chebyshev distance, Hamming distance.

#### References

- Bourque, P., Fairley, R. E. (Eds.) (2014). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Version 3.0. IEEE Computer Society, 335.
- Cadavid, H., Andrikopoulos, V., Avgeriou, P., Broekema, P. C. (2022). System and software architecting harmonization practices in ultra-large-scale systems of systems: A confirmatory case study. *Information and Software Technology*, 150, 106984. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.106984>
- Suljkanović, A., Milosavljević, B., Indić, V., Dejanović, I. (2022). Developing Microservice-Based Applications Using the Silvera Domain-Specific Language. *Applied Sciences*, 12 (13), 6679. doi: <https://doi.org/10.3390/app12136679>
- Sellami, K., Saied, M. A., Ouni, A. (2022). A Hierarchical DBSCAN Method for Extracting Microservices from Monolithic Applications. *The International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2022*, 201–210. doi: <https://doi.org/10.1145/3530019.3530040>
- Krause, A., Zirkelbach, C., Hasselbring, W., Lenga, S., Kroger, D. (2020). Microservice Decomposition via Static and Dynamic Analysis of the Monolith. *2020 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icsa-c50368.2020.00011>
- Matias, T., Correia, F. F., Fritzsche, J., Bogner, J., Ferreira, H. S., Restivo, A. (2020). Determining Microservice Boundaries: A Case Study Using Static and Dynamic Software Analysis. *14th European Conference on Software Architecture, ECSA 2020*, 315–332. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58923-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58923-3_21)
- Fritzsche, J., Bogner, J., Zimmermann, A., Wagner, S. (2019). From monolith to microservices: A classification of refactoring approaches. *1st International Workshop on Software Engineering Aspects of Continuous Development and New Paradigms of Software Production and Deployment, DEVOPS 2018*, 128–141. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-06019-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-06019-0_10)
- Shahin, R. (2021). Towards Assurance-Driven Architectural Decomposition of Software Systems. *40th International Conference on Computer Safety, Reliability and Security, SAFECOMP 2021 held in conjunction with Workshops on DECSoS, MAPSOD, DepDevOps, USDAI and WAISE 2021*, 187–196. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.09237>
- Reiff-Marganec, S., Tilly, M. (Eds.) (2012). *Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties: Future Directions*. Hershey: IGI Global, 521. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-61350-432-1>
- Faitelson, D., Heinrich, R., Tyszberowicz, S. (2017). Supporting Software Architecture Evolution by Functional Decomposition. *Proceedings of the 5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, 435–442. doi: <https://doi.org/10.5220/0006206204350442>
- Wierzchoń, S., Kłopotek, M. (2018). *Modern Algorithms of Cluster Analysis*. Cham: Springer, 441. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69308-8>
- Barsegian, A. A., Kupriianov, M. S., Kholod, I. I., Tess, M. D., Elizarov, S. I. (2009). *Analiz dannykh i protsessov*. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 512.
- Yevlanov, M. V., Vasylytsova, N. V., Panforova, I. Yu. (2015). Modeli i metody syntezy opysu ratsionalnoi arkhitektury informatsiinoi systemy. *Visnyk naukovoho universytetu «Lvivska politekhnika». Seriya «Informatsiini systemy ta merezhi»*, 829, 135–152. Available at: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/12881/9ievlanovmvvasilcovanvpdf>
- Yevlanov, M. V. (2016). Development of the model and method of selecting the description of rational architecture of information system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (79)), 4–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60583>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267893

**BUILDING AN INFORMATION ANALYSIS SYSTEM WITHIN A CORPORATE INFORMATION SYSTEM FOR COMBINING AND STRUCTURING ORGANIZATION DATA (ON THE EXAMPLE OF A UNIVERSITY) (p. 20–29)**

**Oxana Kopnova**

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6299-3728>

**Anna Shaporeva**

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6211-5634>

**Iklassova Kainizhamal**

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>

**Agibay Kushumbayev**

Municipal State-Owned Enterprise “Higher Construction and Economic College”, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7591-3555>

**Askar Tadzhigitov**

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8862-0938>

**Aliya Aitymova**

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1128-6924>

Digitalization of all spheres of life has led to the fact that organizations store a large amount of information in various data sources. The process of strategic decision-making may involve an in-depth analysis of data on many items of the organization’s production cycle. However, data collection in this case can take weeks. This is quite a long time for prompt decision-making.

The object of the study is data stored in the corporate information system of the organization, methods of their analysis for making management decisions.

The subject of the study is the automation of work with data within the corporate analytical system, the identification of data analysis patterns, as well as the design of an information analysis system of a university.

The presented information analysis system will solve the problem of consolidating disparate data of corporate information systems, as well as operational data of the organization. This is ensured by the creation of a metadatabase and the formation of an information analysis system add-on using PowerBI technologies. The generally accepted design scheme of the information system was modernized demonstrating the place of the metadatabase within the corporate information system of the university. A model of data analysis based on the formation of production rules for building a decision tree on the example of human resources analysis is presented.

The results of this study can be useful to analysts, executives and senior managers of large organizations in creating an analysis system for the organization’s performance.

**Keywords:** information analysis system, business intelligence systems, production rules, identifying hidden dependencies, PowerBI, data structuring, data analysis, university information system.

## References

- Kopnova, O. L. (2021). Use of the BI systems for organising the information space of the university. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 19 (1), 80. doi: <https://doi.org/10.1504/ijbidm.2021.116040>
- Mutanov, G., Mamykova, Z., Kopnova, O., Bolatkhan, M. (2020). Applied research of data management in the education system for decision-making on the example of Al-Farabi Kazakh National University. *E3S Web of Conferences*, 159, 09003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015909003>
- Kolyeva, N., Kopnova, O., Shaporeva, A. (2021). Adaptation Information and analytical system adaptation in the contour of the corporate system of the university. *E3S Web of Conferences*, 270, 01037. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127001037>
- Shaporeva, A., Kopnova, O., Shmigrilova, I., Kukharenko, Y., Aitymova, A. (2022). Development of comprehensive decision support tools in distance learning quality management processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (118)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263285>
- Aitymova, A., Shaporeva, A., Kopnova, O., Kushumbayev, A., Aitymov, Z. (2022). Development and modeling of combined components of the information environment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (116)), 51–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255084>
- Sarma, A. D. N. (2021). The five key components for building an operational business intelligence ecosystem. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 19 (3), 343. doi: <https://doi.org/10.1504/ijbidm.2021.118191>
- Duarte, R., Guimarães, T., Santos, M. F. (2022). A Business Intelligence Platform for Portuguese Misericórdias. *Procedia Computer Science*, 198, 341–346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.251>
- Jantakoon, T., Wannapiroon, P. (2017). System Architecture of Business Intelligence to AUN-QA Framework for Higher Education Institution. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/321796638\\_System\\_Architecture\\_of\\_Business\\_Intelligence\\_to\\_AUN-QA\\_Framework\\_for\\_Higher\\_Education\\_Institution](https://www.researchgate.net/publication/321796638_System_Architecture_of_Business_Intelligence_to_AUN-QA_Framework_for_Higher_Education_Institution)
- Halaweh, M., El Massry, A. (2018). A Synergetic Model for Implementing Big Data in Organizations. *Operations and Service Management*, 281–298. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3909-4.ch014>
- Shokin, Yu. I., Yurchenko, A. V. (2019). Models of organizing research data storage and usage: basic principles, processes and implementation mechanisms. *Information and Control Systems*, 3, 45–54. doi: <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-3-45-54>
- Maisel, L., Cokins, G. (2015). Why Analytics Will Be the Next Competitive Edge. *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 26 (4), 91–100. doi: <https://doi.org/10.1002/jcaf.22054>
- Sooriamurthi, R. (2018). Introducing big data analytics in high school and college. *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. doi: <https://doi.org/10.1145/3197091.3205834>
- Ramos, J., Alturas, B., Moro, S. (2017). Business intelligence in a public institution – Evaluation of a financial data mart. 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). doi: <https://doi.org/10.23919/cisti.2017.7975672>
- Wang, Y., Kung, L., Byrd, T. A. (2018). Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 3–13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.019>
- Adnan, K., Akbar, R. (2019). An analytical study of information extraction from unstructured and multidimensional big data. *Journal of Big Data*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0254-8>

16. Yuan, Y., Li, H., Wang, Q. (2019). Spatiotemporal Modeling for Video Summarization Using Convolutional Recurrent Neural Network. *IEEE Access*, 7, 64676–64685. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2916989>
17. Maddumala, V. R., R. A. (2020). A Weight Based Feature Extraction Model on Multifaceted Multimedia Bigdata Using Convolutional Neural Network. *Ingénierie Des Systèmes d'Information*, 25 (6), 729–735. doi: <https://doi.org/10.18280/isi.250603>
18. Cui, Z., Xu, C., Zheng, W., Yang, J. (2018). Context-Dependent Diffusion Network for Visual Relationship Detection. *Proceedings of the 26th ACM International Conference on Multimedia*. doi: <https://doi.org/10.1145/3240508.3240668>
19. Ruvinskaya, V., Troynina, A. (2017). Development of information technology for the generation and maintenance of knowledge-oriented control systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 41–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98727>
20. Sharma, S., Chen, K., Sheth, A. (2018). Toward Practical Privacy-Preserving Analytics for IoT and Cloud-Based Healthcare Systems. *IEEE Internet Computing*, 22 (2), 42–51. doi: <https://doi.org/10.1109/mic.2018.112102519>
21. Goutham, V., Ramamurthy, A. (2018). Cloud based building confidential and efficient query services. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10 (7), 744–749.
22. Xu, H., Guo, S., Chen, K. (2014). Building Confidential and Efficient Query Services in the Cloud with RASP Data Perturbation. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 26 (2), 322–335. doi: <https://doi.org/10.1109/tkde.2012.251>
23. Ramamurthy, A., Goutham, V. (2019). Efficient System Performance for Data Replication in Cloud Computing. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8 (3), 540–544. Available at: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C5979028319.pdf>
24. Krishna Kishore, S., Murali, G., Chandra Mouli, A. (2018). Building Confidential and Efficient Query Services in the Cloud with RASP Data Perturbation. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.27), 466. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.27.17998>
25. Qureshi, T. M. (2020). HR Analytics, Fad or Fashion for Organizational Sustainability. *Advances in Science, Technology & Innovation*, 103–107. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32922-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32922-8_9)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266907**

**DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SUPPORT METHODOLOGY FOR QUALITY ASSESSMENT OF THE PREPRESS PROCESS (p. 30–40)**

**Yevhen Hrabovskiy**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7799-7249>

**Sergii Minukhin**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9314-3750>

**Natalia Brynza**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0229-2874>

A methodology for improving the information support of the prepress system by introducing new information blocks to prevent errors and predict the final result before the start of prepress operations is presented. Conceptual provisions for assessing the quality of the prepress process have been developed. These conceptual provisions

have become the basis for solving the problem of systemic and random errors at the planning stage, created conditions for a significant reduction in prepress time. This parameterized form allows a formal description of operations, the determination of relevant quality indicators based on the formed parameters, and the development of databases and knowledge of the information support system for the anticipatory quality control of prepress.

Classification of factors that affect the quality of the prepress process was carried out. As a result, it is possible to exclude from further consideration the factors that are not important for assessing the prepress quality. The proposed factors form the basis of the knowledge base of the information system for assessing the quality of the prepress process.

The method of “anticipatory” quality control was developed. This method provides the detection of “bottlenecks” in each technological operation of the prepress process, as a result of which random and system errors can be avoided. The resulting indicators of the proposed method are the probability of an error, the probability of error-free execution of the technological operation, the cost of controlling the technological operation, and the cost of eliminating the error.

The information support method for the quality assessment of the prepress process is proposed. Implementation of the developed information support methodology for assessing the quality of the prepress process in the form of an information system for assessing the prepress quality was carried out. This information system allows automating the method of “anticipatory” quality control proposed in this study. Thus, on the example of the technological operation of color correction and color separation by the “CMYK color model” parameter based on the use of the expert knowledge base subsystem, the probability of an error is 1, and the cost of eliminating the error is \$ 6.

**Keywords:** information support of prepress quality assessment, prepress errors, color correction, “anticipatory” quality control.

**References**

1. Khadzhynova, S., Jakucewicz, S. (2016). *Sposoby drukowania cyfrowego*. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 242. Available at: <https://docer.pl/doc/sn8nvs0>
2. Mulisch, M. (2014). *Tissue-Printing*. Springer, 40. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03867-0>
3. Babenko, V., Hrabovskiy, Y., Ivashura, A., Protasenko, O. (2020). Development of the Methodology for the Choice of Polygraphy Equipment for Printing on Cloth. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 16, 305–315. doi: <https://doi.org/10.37394/232015.2020.16.32>
4. Sun, W.-T., Lin, Y.-J. (2020). Systematic Review and Discussion on Final Artwork of Prepress Design. *Education and Awareness of Sustainability*. doi: [https://doi.org/10.1142/9789811228001\\_0175](https://doi.org/10.1142/9789811228001_0175)
5. Roudný, P., Držková, M. (2020). Use of prepress automation in the Czech Republic and examples of automated processing for selected prepress tasks. *Proceedings - The Tenth International Symposium GRID 2020*. doi: <https://doi.org/10.24867/grid-2020-p72>
6. Cahyadi, T., Susanto, A., Riyono, D. (2021). Control of packaging print quality with an integrated production flow system in prepress. *Kreator*, 2 (1). doi: <https://doi.org/10.46961/kreator.v2i1.283>
7. Rossitza, S. (2015). Offset Printing without Isopropyl Alcohol in Damping Solution. *Energy Procedia*, 74, 690–698. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.804>
8. Naumenko, M., Hrabovskiy, Y. (2018). Elaboration of methodology for designing a publishing and printing web portal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (92)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126305>
9. Prinds, C., Hvidtjorn, D., Moestrup, L. (2018). Prepress Resonans mellem livets afslutning og livets begyndelse. *Tidsskrift for For-*

skning i Sygdom Og Samfund, 15 (30). doi: <https://doi.org/10.7146/tfss.v15i30.112705>

10. Safonov, I. V., Kurilin, I. V., Rychagov, M. N., Tolstaya, E. V. (2018). Adaptive Image Processing Algorithms for Printing. Springer, 304. doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-6931-4>
11. Al'boschiy, O., Dorokhov, O., Hrabovskiy, Y., Naumenko, M. (2022). Automated balancing method of vector Illustration and its software implementation. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series III: Mathematics and Computer Science, 2 (1), 177–192. doi: <https://doi.org/10.31926/but.mif.2022.2.64.1.12> <https://doi.org/10.31926/but.mif.2022.2.64.1.12>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266387**  
**DEVELOPMENT OF REFERENCE INCIDENT**  
**MANAGEMENT MODEL (p. 41–50)**

**Gulbakyt Sembina**

International Information Technology University, Almaty,  
 Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2920-1490>

**Karina Mayandinova**

International Information Technology University, Almaty,  
 Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3473-143X>

**Lyazat Naizabayeva**

International Information Technology University, Almaty,  
 Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>

**Saule Sagnayeva**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,  
 Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7762-8531>

One of the most important tasks of improving the information technology infrastructure of an enterprise is to increase the efficiency of the incident management system. The relevance of this study lies in the fact that at present the work of the technical support service in the conditions of a large flow of applications accelerates violation of the deadlines for resolution established by the business. It, in turn, leads to downtime of information systems and financial losses of the enterprise. This article analyzes the feasibility of introducing a third line of technical support to increase the proportion of incidents resolved within the framework of the Service Level Agreement adopted at the enterprise. A comparative analysis of the widely used two-level model with the proposed three-level model in this work is considered, using business process model notation. The effectiveness of the model is confirmed by automated computations using metrics, by calculating the rate and satisfaction coefficients within the framework of two and three levels of the model and then comparing these indicators to establish patterns. Thus, it is possible to track how successfully and timely incidents of information systems are resolved, which in turn directly reflects the availability and correct functioning of systems and the entire company.

The company's practical losses due to system downtime were calculated, as well as the resulting financial losses before and after the adopting of the three-level system, taking into account the associated costs to identify if the initiation of the model is justified and profitable.

Thus, the proposed model can be adopted by organizations in order to improve the quality of services provided by the IT department, to reduce the effect and impact of incidents on the performance and availability of systems that affect the formation of financial statements.

**Keywords:** incident management, service interruption, support line, resolution time, SLA (service level agreement), reference model.

**References**

1. Nikulin, V., Shibaikin, S., Sokolova, M. S. (2022). Application of machine learning techniques for automated classification and routing in ITIL library. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics, 2022 (1), 42–52. doi: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-1-42-52>
2. Blinnikova, A. V., Nesterova, Ju. O. (2020). Incident management in ITSM using artificial intelligence. Vestnik Universiteta, 6, 36–40. doi: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-6-36-40>
3. Loginova, A. (2021). An overview of regulatory sources and practices of information security incidents management. The Herald of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 1, 50–59. doi: <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2021-15-1-50-59>
4. Mayorova, E. V. (2020). Methodological Aspects of Responding to Information Security Incidents in the Digital Economy. Petersburg Economic Journal, 1, 155–164. doi: <https://doi.org/10.25631/PEJ.2020.1.155.162>
5. Palilingan, V. R., Batmetan, J. R. (2018). Incident Management in Academic Information System using ITIL Framework. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 306, 012110. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/306/1/012110>
6. Serikbayeva, S., Tussupov, J., Sambetbayeva, M., Yerimbetova, A., Sadirmekova, Z., Tungatarova, A. et al. (2021). Development of a model and technology of access to documents in scientific and educational activities. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (2 (114)), 44–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248506>
7. Sembina, G. (2022). Building a Scoring Model Using the Adaboost Ensemble Model. 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). doi: <https://doi.org/10.1109/sist54437.2022.9945713>
8. Ocheredko, A. R., Bachmanov, D. A., Putyato, M. M., Makaryan, A. S. (2021). Research of IRP systems based on the analysis of mechanisms of response to information security incidents. CASPIAN JOURNAL: Control and High Technologies, 53 (1), 74–82. doi: <https://doi.org/10.21672/2074-1707.2021.53.1.074-082>
9. Avramenko, V. S., Malikov, A. V. (2020). Procedure of diagnosis security computer incidents in automated special purpose systems. H&ES Research, 12 (1), 44–52. doi: <https://doi.org/10.36724/2409-5419-2020-12-1-44-52>
10. Muromtsev, D. Yu., Popov, S. V., Shamkin, V. N. (2020). Improvement of the Information Security Subsystem in the Bank Information Security Monitoring System. Vestnik Tambovskogo Gosudarstvennogo Tehnicheskogo Universiteta, 26 (2), 176–187. doi: <https://doi.org/10.17277/vestnik.2020.02.pp.176-187>
11. Understanding the Cost of IT System Failure to Your Business. Available at: <https://blog.power-net.com.au/blog/understanding-the-cost-of-it-system-failure-to-your-business>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266988**  
**FORMATION OF A TYPICAL FORM OF AN OBJECT**  
**IMAGE IN A SERIES OF DIGITAL FRAMES (p. 51–59)**

**Vadym Savanevych**

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

**Sergii Khlamov**

SoftServe, Lviv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>

**Vladimir Vlasenko**

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

**Zhanna Deineko**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0175-4181>

**Oleksandr Briukhovetskyi**

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4550-5606>

**Iryna Tabakova**

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

**Tetiana Trunova**

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

A computational method for the automated formation of a typical form of a digital image of the investigated objects on a series of digital frames has been developed. Due to the imperfection of the mounting of digital cameras, as well as their automated mounts, their immobility at shooting during exposure time can be disturbed, which leads to the formation of “blurred” images of objects of various forms.

Due to such inaccuracies in the tracking of objects on digital frames, even in one series, the typical form of the image of objects can vary from frame to frame. This fact of the difference in the standard form significantly complicates the execution of various image processing tasks.

In order to simplify the evaluation of the image parameters of objects in a series of digital frames, it has been proposed to use a typical image on a digital frame corresponding to the average image of objects as a model of object images. In this case, the appearance of the image of the object, its form, the distribution of brightness in the image will be determined only by the typical image.

This paper proposes a computational method for the automated formation and evaluation of the typical form of the image of an object in a digital frame based on the initial data – the actual given digital frame. This computational method is based on the selection of single images of objects and the formation of their rectangular area. Next, the offset is evaluated, and the selected single images of objects are normalized to calculate the typical form of the object image.

Using the method makes it possible to highlight objects against the background of noise and reduce the number of false detections. It is recommended to apply the method only in the case when the frames have defects and “blurs” during the shooting, otherwise there will be unreasonable additional computational costs.

The developed computational method was successfully tested in practice within the framework of the CoLiTec project and implemented in the intraframe processing unit of the Lemur software.

**Keywords:** transfer function, OLS-evaluation of parameters, linear correlation coefficients, typical image form.

**References**

- 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>
- Khلامov, 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>
- Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 516.
- Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the web 2.0 age. *Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.925321>
- Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4), 312–323.
- Mykhailova, L., Savanevych, V., Sokovikova, N., Bezkrivnyy, M., Khلامov, S., Pogorelov, A. (2014). Method of maximum likelihood estimation of compact group objects location on CCD-frame. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (71)), 16–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28028>
- Kuz'min, S. Z. (2000). *Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedenie v teoriyu*. Kyiv: Izdatel'stvo KviTS, 428.
- Khلامov, 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*, 331–345. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00030-8>
- Akhmetov, V., Khلامov, S., Dmytrenko, A. (2018). Fast Coordinate Cross-Match Tool for Large Astronomical Catalogue. *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, 3–16. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_1)
- Vavilova, I. B., Shatokhina, S. V., Pakuliak, L. K., Yizhakevych, O. M., Eglitis, I., Andruk, V. M., Protsyuk, Yu. I. (2019). Astrometry and photometry of asteroids from the UkrVO database of astroplates. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 15 (S364), 239–245. doi: <https://doi.org/10.1017/s1743921322000047>
- Dearborn, D. P. S., Miller, P. L. (2014). Defending Against Asteroids and Comets. *Handbook of Cosmic Hazards and Planetary Defense*, 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)
- Klette, R. (2014). *Concise computer vision. An Introduction into Theory and Algorithms*. Springer, 429. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
- Savanevych, V. E., Khلامov, 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>
- Khلامov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Oryshych, S. (2016). Development of computational method for detection of the object's near-zero apparent motion on the series of ccd-frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (80)), 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65999>
- 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*, 57–102. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00015-1>
- 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). doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
- Kobzar', A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLI, 816.
- Khلامov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). The astronomical object recognition and its near-zero motion detection in series of images by in situ modeling. *2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iwSSIP55020.2022.9854475>
- Akhmetov, V., Khلامov, S., Tabakova, I., Hernandez, W., Nieto Hippolito, 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)*. doi: <https://doi.org/10.1109/isie.2019.8781270>
- Khلامov, 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>

21. Bishop, C. M. (2013). Model-based machine learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371 (1884), 20120222. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0222>
22. Burger, W., Burge, M. (2010). Principles of digital image processing: core algorithms. Springer, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
23. Gonzalez, R., Woods, R. (2018). Digital image processing. New York, NY: Pearson, 1168.
24. Rubin, B. (2015). Introduction to Radon transforms. With Elements of Fractional Calculus and Harmonic Analysis. *Encyclopedia of Mathematics and its Applications*. Cambridge University Press, 596.
25. Brandt, A. (2011). Noise and vibration analysis: signal analysis and experimental procedures. John Wiley & Sons, 464. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470978160>
26. 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. doi: <https://doi.org/10.1504/ijaip.2019.098561>
27. Jorgensen, B. (2012). Statistical properties of the generalized inverse Gaussian distribution. Springer, 188. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5698-4>
28. Lemur software. CoLiTec. Available at: <https://colitec.space/>
29. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Pohorelov, A., Vlasenko, V., Dikov, E. (2018). CoLiTec Software for the Astronomical Data Sets Processing. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478504>
30. Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazyey, N., Isaeva, E., Golovnia, V. (2018). The Simeiz plate collection of the ODESSA astronomical observatory. Proceedings of the XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, 207–216.
31. Molotov, I. et al. (2009). ISON worldwide scientific optical network. Fifth European Conference on Space Debris, ESA.
32. Mingmuang, Y., Tummuangpak, P., Asanok, K., Jaroenjittichai, P. (2019). The mass distribution and the rotation curve of the Milky Way Galaxy using NARIT 4.5 m small radio telescope and the 2.3 m Onsala radio telescope. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380 (1), 012028. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012028>
33. Soyfer, V. A. (Ed.) (2003). *Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy*. Moscow: Fizmatlit, 784.
34. Sergienko, A. B. (2011). Tsifrovaya obrabotka signalov. Sankt-Peterburg: BKhV-Peterburg, 768.
35. Le, D.-H., Pham, C.-K., Nguyen, T. T. T., Bui, T. T. (2012). Parameter extraction and optimization using Levenberg-Marquardt algorithm. 2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE). doi: <https://doi.org/10.1109/cce.2012.6315945>
36. 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.
37. Akhmetov, V., Khlamov, S., Khramtsov, V., Dmytrenko, A. (2019). Astrometric Reduction of the Wide-Field Images. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 896–909. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_58)
38. 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). doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632089>
39. 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). doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061301>
40. Dombrovska, S., Shvedun, V., Streltsov, V., Husarov, K. (2018). The prospects of integration of the advertising market of Ukraine into the global advertising business. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (2), 321–330. doi: [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(2\).2018.29](https://doi.org/10.21511/ppm.16(2).2018.29)
41. Wang, J., Cai, D., Wen, Y. (2011). Comparison of matched filter and dechirp processing used in Linear Frequency Modulation. 2011 IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering. doi: <https://doi.org/10.1109/cceieng.2011.6008069>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269948**

**IMPROVEMENT OF IRIS RECOGNITION TECHNOLOGY FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION OF A PERSON (p. 60–69)**

**Aliya Kintonova**

L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8405-5038>

**Igor Povkhan**

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1681-3466>

**Marzhan Mussaif**

L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3795-0424>

**Galymzhan Gabdreshov**

Research Institute “Sezual”, Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2219-4056>

This topic is very relevant in the field of artificial intelligence as a direction of pattern recognition. In this work, the iris of the eye is considered as an image.

Artificial intelligence makes this technology more accessible for use in CCTV cameras, smartphones and various areas of human activity.

The article reflects the results of a study of methods and technologies of pattern recognition on the example of the human iris.

The aim of the work was to study methods and technologies for human iris recognition and iris recognition of employees of a particular organization using EyeLock equipment by comparing segmentation results with Daugman standard segmentation.

Comparison analysis of segmentation results with standard segmentation can be done by directly measuring the number of correctly segmented irises in both methods, or by indirectly measuring the effect of segmentation on iris recognition performance. The method using the Daugman integral-differential operator has the greatest efficiency. The performance of the neural network has been improved. To use a neural network to classify iris profiles, we selected sets of images (images per person) as training images, and the rest of the images were used as test images. Training time (in seconds): for the Daugman method 170.7, and for the parabolic method 204.7.

The Daugman integro-differential operator is applied to the captured image to obtain the “maximum integral derivative of the contour” with ever-increasing radius on “successively decreasing scales” in three parameters: center coordinates and radius. Finding the maximum when the search coordinates deviate along an unwinding spiral.

Methods and techniques for pattern recognition have been investigated using the human iris.

**Keywords:** pattern recognition, segmentation method, iris recognition technology, biometric personality authentication.

## References

- Birajadar, P., Haria, M., Gadre, V. (2022). Scattering Wavelet Network-Based Iris Classification: An Approach to De-duplication. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 705–718. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3571-8\\_64](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3571-8_64)
- Vyas, R., Kanumuri, T., Sheoran, G., Dubey, P. (2021). Accurate feature extraction for multimodal biometrics combining iris and palmprint. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13 (12), 5581–5589. doi: <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03190-0>
- Huo, G., Lin, D., Yuan, M. (2022). Iris segmentation method based on improved UNet++. *Multimedia Tools and Applications*, 81 (28), 41249–41269. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13198-z>
- Jain, A. K., Deb, D., Engelsma, J. J. (2022). Biometrics: Trust, But Verify. *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*, 4 (3), 303–323. doi: <https://doi.org/10.1109/tbiom.2021.3115465>
- Hrytsyk, V., Nazarkevych, M. (2021). Real-Time Sensing, Reasoning and Adaptation for Computer Vision Systems. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 573–585. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_39)
- Al Shalchi, N. F. A., Rahebi, J. (2022). Human retinal optic disc detection with grasshopper optimization algorithm. *Multimedia Tools and Applications*, 81 (17), 24937–24955. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12838-8>
- Ju, L., Wang, X., Wang, L., Mahapatra, D., Zhao, X., Zhou, Q. et al. (2022). Improving Medical Images Classification With Label Noise Using Dual-Uncertainty Estimation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 41 (6), 1533–1546. doi: <https://doi.org/10.1109/tmi.2022.3141425>
- Pavel'eva, E. A., Krylov, A. S., Ushmaev, O. S. (2009). Razvitie informatsionnoy tekhnologii identifikatsii cheloveka po ruduzhnoy obolochke glaza na osnovе preobrazovaniya Ermita. *Sistemy vysokoy dostupnosti*, 5 (1), 36–42. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13070173>
- Note on CASIA-IrisV3. Available at: <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>
- Savel'eva, E. A., Krylov, A. S. (2008). Algoritmy predobrabotki izobrazheniy ruduzhnoy obolochki glaza. *Proceedings of the 18th International Conference on Computer Graphics and Vision Graphi-Con'2008. Moscow*, 314. Available at: <https://imaging.cs.msu.ru/pub/IrisPreprocess08.pdf>
- Daugman, J. G. (1993). High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15 (11), 1148–1161. doi: <https://doi.org/10.1109/34.244676>
- Wildes, R. P. (1997). Iris recognition: an emerging biometric technology. *Proceedings of the IEEE*, 85 (9), 1348–1363. doi: <https://doi.org/10.1109/5.628669>
- Povkhan, I., Lupei, M. (2020). The Algorithmic Classification Trees. *2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp47368.2020.9204198>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269229

## IMPLEMENTATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR PREDICTING GLAUCOMA FROM FUNDUS IMAGES (p. 70–77)

**Sabina Rakhmetulayeva**

International Information Technology University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4678-7964>

**Zarina Syrymbet**

International Information Technology University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-6869>

The contributions of this paper are two-fold. First, it uses machine learning tools to detect and monitor glaucoma. Second, it provides insight into medicine, which can assist healthcare professionals in improving disease diagnostic accuracy and help to reduce the progression and degeneration of retinal ganglion cells in patients. Glaucoma is a group of eye diseases that damage the optic nerve, which can cause vision loss and blindness at any age. The main symptom of glaucoma in the early stages is high internal eye pressure. It is still unknown what causes these diseases to develop, but if not treated, they result in optic nerve atrophy. For this reason, in this paper we propose a novel deep learning system for the automatic diagnosis of glaucoma using a convolutional neural network for classification, which demonstrates improved performance and records computation time for fundus images. The results showed an accuracy of 94 % and a loss value of only 0.27. The model we have created to investigate with Keras helped us achieve good results in our training and testing process. These study results demonstrate the ability of a deep learning model to identify glaucoma from fundus images. Increasing the filter size and training the model resulted in a higher accuracy rate. A population survey that was conducted in 2019 shows that most patients with glaucoma become aware of their disease late, after the disease causes a high level of optic nerve damage and a high percentage of vision loss. Early diagnosis and detection of glaucoma using optic nerve imaging technology have gained wide clinical interest in stopping or slowing the progression of the disease, allowing the development of new algorithms to automate the diagnosis of eye diseases.

**Keywords:** deep learning, glaucoma, convolutional neural network, fundus image, image processing.

## References

- Mylytkbay, N. U. (2021). Otsenka effektivnosti skrininga glaukomy v Respublike Kazahstan, *Molodoy ucheniy*, 53 (395).
- Botabekova, T. K., Aldasheva, N. A., Tashtitova, L. B., Islamova, S. E., Asylbekova, A. A. (2010). Effektivnost' gosudarstvennogo skrininga na glaukomu v Respublike Kazahstan. *Tochka zreniya. Vostok - Zapad*, 1, 9–11. Available at: <https://eyepress.ru/article.aspx?20618>
- Botabekova, T. K., Aldasheva, N. A., Islamova, S. E., Kramorenko, J. S. (2010). Efficacy of emergence of glaucoma based on different type of screening. *Oftal'mologicheskie vedomosti*, 3 (4), 29–31.
- Duisebekova, K. S., Kozhamzharova, D. K., Rakhmetulayeva, S. B., Umarov, F. A., Aitimov, M. Zh. (2020). Development of an information-analytical system for the analysis and monitoring of climatic and ecological changes in the environment. *Procedia Computer Science*, 170, 578–583. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.128>
- Sabina, R., Zarina, S. (2022). Convolutional Neural Network Analysis of Fundus for Glaucoma Diagnosis. *2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. doi: <https://doi.org/10.1109/sist54437.2022.9945723>
- Bhatkalkar, B. J., Reddy, D. R., Prabhu, S., Bhandary, S. V. (2020). Improving the Performance of Convolutional Neural Network for the Segmentation of Optic Disc in Fundus Images Using Attention Gates and Conditional Random Fields. *IEEE Access*, 8, 29299–29310. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2972318>
- Civit-Masot, J., Dominguez-Morales, M. J., Vicente-Diaz, S., Civit, A. (2020). Dual Machine-Learning System to Aid Glaucoma Diagnosis Using Disc and Cup Feature Extraction. *IEEE Access*, 8, 127519–127529. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3008539>
- Civit-Masot, J., Luna-Perejon, E., Vicente-Diaz, S., Rodriguez Corral, J. M., Civit, A. (2019). TPU Cloud-Based Generalized U-Net for Eye Fundus Image Segmentation. *IEEE Access*, 7, 142379–142387. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2944692>
- Ting, D. S. W., Pasquale, L. R., Peng, L., Campbell, J. P., Lee, A. Y., Raman, R. et al. (2018). Artificial intelligence and deep learning in

- ophthalmology. *British Journal of Ophthalmology*, 103 (2), 167–175. doi: <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313173>
10. Akkara, J., Ajitha, S., Judy, M. (2021). Identification of glaucoma from fundus images using deep learning techniques. *Indian Journal of Ophthalmology*, 69 (10), 2702. doi: [https://doi.org/10.4103/ijo.ijo\\_92\\_21](https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_92_21)
  11. Hemelings, R., Elen, B., Barbosa-Breda, J., Blaschko, M. B., De Boever, P., Stalmans, I. (2021). Deep learning on fundus images detects glaucoma beyond the optic disc. *Scientific Reports*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99605-1>
  12. Lee, T., Jammal, A. A., Mariottoni, E. B., Medeiros, F. A. (2021). Predicting Glaucoma Development With Longitudinal Deep Learning Predictions From Fundus Photographs. *American Journal of Ophthalmology*, 225, 86–94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.12.031>
  13. Devecioglu, O. C., Malik, J., Ince, T., Kiranyaz, S., Atalay, E., Gabbouj, M. (2021). Real-Time Glaucoma Detection From Digital Fundus Images Using Self-ONNs. *IEEE Access*, 9, 140031–140041. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3118102>
  14. Zhou, C., Ye, J., Wang, J., Zhou, Z., Wang, L., Jin, K. et al. (2022). Improving the generalization of glaucoma detection on fundus images via feature alignment between augmented views. *Biomedical Optics Express*, 13 (4), 2018. doi: <https://doi.org/10.1364/boe.450543>
  15. Song, W. T., Lai, I.-C., Su, Y.-Z. (2021). A Statistical Robust Glaucoma Detection Framework Combining Retinex, CNN, and DOE Using Fundus Images. *IEEE Access*, 9, 103772–103783. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3098032>
  16. Diaz-Pinto, A., Morales, S., Naranjo, V., Köhler, T., Mossi, J. M., Navea, A. (2019). CNNs for automatic glaucoma assessment using fundus images: an extensive validation. *BioMedical Engineering OnLine*, 18 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0649-y>
  17. Rakhmetulayeva, S. B., Duisebekova, K. S., Kozhamzharova, D. K., Aitimov, M. Zh. (2021). Pollutant transport modeling using Gaussian approximation for the solution of the semi-empirical equation. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99 (8), 1730–1739. Available at: <http://www.jatit.org/volumes/Vol99No8/3Vol99No8.pdf>
  18. Carrillo, J., Bautista, L., Villamizar, J., Rueda, J., Sanchez, M., Rueda, D. (2019). Glaucoma Detection Using Fundus Images of The Eye. 2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA). doi: <https://doi.org/10.1109/stsiva.2019.8730250>
  19. Shabbir, A., Rasheed, A., Shehraz, H., Saleem, A., Zafar, B., Sajid, M. et al. (2021). Detection of glaucoma using retinal fundus images: A comprehensive review. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18 (3), 2033–2076. doi: <https://doi.org/10.3934/mbe.2021106>
  20. Abdullah, F., Imtiaz, R., Madni, H. A., Khan, H. A., Khan, T. M., Khan, M. A. U., Naqvi, S. S. (2021). A Review on Glaucoma Disease Detection Using Computerized Techniques. *IEEE Access*, 9, 37311–37333. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3061451>
  21. Islam, M., Poly, T. N., Yang, H. C., Atique, S., Li, Y. J. (2020). Deep Learning for Accurate Diagnosis of Glaucomatous Optic Neuropathy Using Digital Fundus Image. A Meta-Analysis. *Studies in Health Technology and Informatics*, 270, 153–157. doi: <https://doi.org/10.3233/SHTI200141>
  22. Alghamdi, M., Abdel-Mottaleb, M. (2021). A Comparative Study of Deep Learning Models for Diagnosing Glaucoma From Fundus Images. *IEEE Access*, 9, 23894–23906. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3056641>
  23. Guo, J., Azzopardi, G., Shi, C., Jansonius, N. M., Petkov, N. (2019). Automatic Determination of Vertical Cup-to-Disc Ratio in Retinal Fundus Images for Glaucoma Screening. *IEEE Access*, 7, 8527–8541. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2890544>
  24. Large-scale Database with CNN Model. Available at: <https://github.com/smilell/AG-CNN>
  25. Hasan, M. K., Tanha, T., Amin, M. R., Faruk, O., Khan, M. M., Al-jahdali, S., Masud, M. (2021). Cataract Disease Detection by Using Transfer Learning-Based Intelligent Methods. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/7666365>
  26. Wu, J.-H., Nishida, T., Weinreb, R. N., Lin, J.-W. (2022). Performances of Machine Learning in Detecting Glaucoma Using Fundus and Retinal Optical Coherence Tomography Images: A Meta-Analysis. *American Journal of Ophthalmology*, 237, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2021.12.008>
  27. Buisson, M., Navel, V., Labbé, A., Watson, S. L., Baker, J. S., Murtagh, P. et al. (2021). Deep learning versus ophthalmologists for screening for glaucoma on fundus examination: A systematic review and meta-analysis. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 49 (9), 1027–1038. doi: <https://doi.org/10.1111/ceo.14000>
  28. Classifying CIFAR100 images using ResNets, Regularization and Data Augmentation in PyTorch. Available at: <https://jovian.ai/tessdja/resnet-practice-cifar100-resnet>
  29. Mariottoni, E. B., Jammal, A. A., Berchuck, S. I., Shigueoka, L. S., Tavares, I. M., Medeiros, F. A. (2021). An objective structural and functional reference standard in glaucoma. *Scientific Reports*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-80993-3>
  30. Rakhmetulayeva, S. B., Duisebekova, K. S., Mamyrbekov, A. M., Kozhamzharova, D. K., Astaubayeva, G. N., Stamkulova, K. (2018). Application of Classification Algorithm Based on SVM for Determining the Effectiveness of Treatment of Tuberculosis. *Procedia Computer Science*, 130, 231–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.034>
  31. Sagar, M. A. K., Dai, B., Chacko, J. V., Weber, J. J., Velten, A., Sanders, S. T. et al. (2019). Optical fiber-based dispersion for spectral discrimination in fluorescence lifetime imaging systems. *Journal of Biomedical Optics*, 25 (01), 1. doi: <https://doi.org/10.1117/1.jbo.25.1.014506>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268018**  
**DESIGNING AN OBJECT-ORIENTED ARCHITECTURE**  
**FOR THE FINITE ELEMENT SIMULATION OF**  
**STRUCTURAL ELEMENTS (p. 78–84)**

**Oleksii Gnezdovsky**

National University «Zaporizhzhia Polytechnic»,  
 Zaporizhzhia, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0392-3030>

**Oleksii Kudin**

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5917-9127>

**Yuriy Belokon**

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9327-5219>

**Dmytro Kruglyak**

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7812-8360>

**Sergii Ilin**

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3563-9536>

This paper reports the development of an architecture and software implementation of the library of classes for the finite-element analysis of problems in the theory of elasticity with an open-source code. The practical necessity of such systems is due to the fact that in modern equipment there are new types of materials whose structural elements' calculation has certain features. As a result, it is necessary to update the relevant scientific software or even devise a new



one. A flexible software architecture is designed to reduce the time and complexity of such updates. Existing implementations of the method of finite elements with open source have been analyzed: it was revealed that there are no systems aimed at the most flexible and user-friendly architecture. The system of abstract classes proposed in the current work corresponds to known SOLID principles of object-oriented design and makes it possible to scale the already developed analysis program for new tasks in an easy and understandable way. To test the quality of the developed system from the point of view of software engineering, the maintainability index and cyclomatic complexity code metrics were used. The values of these metrics for the modules of the PyFEM system core vary in the following ranges: from 1 to 18 for the maintainability index, and from 22 to 100 for cyclomatic complexity. PyFEM testing was performed on the task of determining the stressed-strained state of the turbine rotor blade. Due to the ease of implementation, it was possible to build a set of effective and intuitive classes that make it possible to solve numerically the static and dynamic problems in the theory of elasticity. The developed class library can be used in the development of both universal and specialized software designed to analyze multiphysics problems.

**Keywords:** finite element method, object-oriented programming, design pattern, theory of elasticity, PyFEM.

#### References

- Breslavskiy, D. V., Korytko, Yu. M., Tatarinova, O. A. (2017). Proektuvannya ta rozrobka skinchennoelementnoho programnoho zabezpechennia. Kharkiv, 232. Available at: [http://library.kpi.kharkov.ua/pchennia/new\\_postupleniya/prropz.pdf](http://library.kpi.kharkov.ua/pchennia/new_postupleniya/prropz.pdf)
- Logg, A., Mardal, K.-A., Wells, G. (Eds.) (2012). Automated Solution of Differential Equations by the Finite Element Method. Lecture Notes in Computational Science and Engineering. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-23099-8>
- Choporov, S., Gomenyuk, S., Kudin, O., Lisnyak, A. (2018). Design patterns for object-oriented scientific software. CEUR Workshop Proceedings, 441–444. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-2105/10000441.pdf>
- Cimrman, R., Lukeš, V., Rohan, E. (2019). Multiscale finite element calculations in Python using SfePy. Advances in Computational Mathematics, 45 (4), 1897–1921. doi: <https://doi.org/10.1007/s10444-019-09666-0>
- Hecht, F. (2012). New development in freefem++. Journal of Numerical Mathematics, 20 (3-4). doi: <https://doi.org/10.1515/jnum-2012-0013>
- Xie, J., Ehmann, K., Cao, J. (2022). MetaFEM: A generic FEM solver by meta-expressions. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 394, 114907. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cma.2022.114907>
- Renard, Y., Poullos, K. (2021). GetFEM: Automated FE Modeling of Multiphysics Problems Based on a Generic Weak Form Language. ACM Transactions on Mathematical Software, 47 (1), 1–31. doi: <https://doi.org/10.1145/3412849>
- Badia, S., Verdugo, F. (2020). Gridap: An extensible Finite Element toolbox in Julia. Journal of Open Source Software, 5 (52), 2520. doi: <https://doi.org/10.21105/joss.02520>
- Khara, B., Balu, A., Joshi, A., Sarkar, S., Hegde, C., Krishnamurthy, A., Ganapathysubramanian, B. (2021). NeuFENet: Neural Finite Element Solutions with Theoretical Bounds for Parametric PDEs. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.01601>
- Mitusch, S. K., Funke, S. W., Kuchta, M. (2021). Hybrid FEM-NN models: Combining artificial neural networks with the finite element method. Journal of Computational Physics, 446, 110651. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2021.110651>
- Uriarte, C., Pardo, D., Omella, Á. J. (2022). A Finite Element based Deep Learning solver for parametric PDEs. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 391, 114562. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.114562>
- Grementieri, L., Galeone, P. (2022). Towards Neural Sparse Linear Solvers. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.06944>
- Trushevskiy, V. M., Shynkarenko, H. A., Shcherbina, N. M. (2014). Metod skinchennykh elementiv i shtuchni neironni merezhi. Liviv: LNU imeni Ivana Frankach, 396.
- Geuzaine, C., Remacle, J.-F. (2009). Gmsh: A 3-D finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 79 (11), 1309–1331. doi: <https://doi.org/10.1002/nme.2579>
- Netgen/NGSolve. Available at: <https://ngsolve.org/>
- Weisfeld, M. (2019). The Object-Oriented Thought Process. Addison-Wesley, 412.
- Ihnatchenko, M. S., Kudin, O. V., Gnezdovskiy, O. V. (2020). Object-oriented implementation of the finite element analysis library in the python programming language. Visnyk of Zaporizhzhya National University. Physical and Mathematical Sciences, 1, 138–147. doi: <https://doi.org/10.26661/2413-6549-2020-1-18>
- Turan, O., Tanrıöver, Ö. Ö. (2018). An Experimental Evaluation of the Effect of SOLID Principles to Microsoft VS Code Metrics. AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology, 9 (34), 7–24. doi: <https://doi.org/10.5824/1309-1581.2018.4.001.x>
- Ranjan, A., Rakshith, A. (2021). Analysis of Industrial Gas Turbine Blade. International Research Journal of Engineering and Technology, 8 (5), 4247–4251.
- Yuriy, B., Aleksandr, Z., Karina, B. (2017). The investigation of nanostructure formation in intermetallic  $\gamma$ -TiAl alloys. 2017 IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF). doi: <https://doi.org/10.1109/ysf.2017.8126640>
- Sereda, B., Sereda, D., Belokon, Y. (2015). Investigation of corrosion and oxidation of  $\gamma$ -TiAl alloys obtained in self propagating high temperature synthesis. Materials Science and Technology Conference and Exhibition. Vol. 2. Columbus, 1249–1255.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268637

#### A TIME-FREQUENCY APPROACH TO ENSURING STABILITY OF MACHINING BY TURNING (p. 85–92)

Yuri Petrakov

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0525-4769>

Mariia Danylchenko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0436-4656>

This paper reports a new approach to ensuring the stability of the turning process, which is based on the frequency-time characteristics of the technological machining system (TMS). The approach uses a mathematical model of the turning process as a single-mass system with one degree of freedom, taking into account negative feedback on the normal coordinate and positive feedback with a delay in cutting depth. A new criterion for the stability of the cutting process as a system with a delay in positive feedback is proposed, based on the analysis of frequency characteristics in the form of a Nyquist diagram. It is proved that such a system will be stable when the chart of its Nyquist diagram does not cover a point with coordinates  $[+1, 0]$  on the complex plane. The validity of the new criterion has been confirmed by comparing the simulation results in the time range with the location of the Nyquist diagram on the complex

plane. Based on the new criterion of stability, an algorithm for automatic construction of a Stability Lobes Diagram (SLD) has been developed. The necessary a priori parameters of TMS, the ranges of frequency change, and the calculation step for constructing such a characteristic in the coordinates “cutting depth – spindle rotational speed” have been determined. The adequacy of the obtained results is confirmed by a full-scale experiment to assess the roughness of machined parts under cutting modes that fall into the area of stability and instability on the SLD chart. The full-scale experiment proved the possibility of a significant reduction in roughness according to the Rz parameter, from 43  $\mu\text{m}$  to 18  $\mu\text{m}$ , while increasing productivity by 1.28 times. The use of a stability lobes diagram is especially effective when programming CNC lathes where it is possible to select the spindle speed in a wide range.

**Keywords:** stability of the cutting process, stability lobes diagram, frequency stability criterion, machining by turning.

### References

- Kayhan, M., Budak, E. (2009). An experimental investigation of chatter effects on tool life. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 223(11), 1455–1463. doi: <https://doi.org/10.1243/09544054jem1506>
- Quintana, G., Ciurana, J., Teixidor, D. (2008). A new experimental methodology for identification of stability lobes diagram in milling operations. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 48 (15), 1637–1645. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2008.07.006>
- Tobias, S., Fishwick, W. (1958). Theory of Regenerative Machine Tool Chatter. *The Engineer*, 199–205. Available at: <http://www.vibration.fr/images/stories/Documents/1erePresentationLobesTobias.pdf>
- Thusty, J., Polacek, M. (1963). The Stability of Machine Tools against Self Excited Vibrations in Machining. *International research in production engineering, ASME*, 465–474. Available at: <http://www.vibration.fr/images/stories/Documents/2emePresentationLobesThusty.pdf>
- Budak, E., Altintas, Y. (1995). Modeling and avoidance of static form errors in peripheral milling of plates. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 35 (3), 459–476. doi: [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(94\)p2628-s](https://doi.org/10.1016/0890-6955(94)p2628-s)
- Altintas, Y., Weck, M. (2004). Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding. *CIRP Annals*, 53 (2), 619–642. doi: [https://doi.org/10.1016/s0007-8506\(07\)60032-8](https://doi.org/10.1016/s0007-8506(07)60032-8)
- Quintana, G., Ciurana, J. (2011). Chatter in machining processes: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 51 (5), 363–376. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2011.01.001>
- Khasawneh, F. A. (2015). Stability Analysis of Machining Processes Using Spectral Element Approach. *IFAC-PapersOnLine*, 48 (12), 340–345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.09.401>
- Yue, C., Gao, H., Liu, X., Liang, S. Y., Wang, L. (2019). A review of chatter vibration research in milling. *Chinese Journal of Aeronautics*, 32 (2), 215–242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2018.11.007>
- Altintas, Y., Stepan, G., Budak, E., Schmitz, T., Kilic, Z. M. (2020). Chatter Stability of Machining Operations. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 142 (11). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4047391>
- Petrakov, Y. V. (2019). Chatter suppression technologies for metal cutting. *Mechanics and Advanced Technologies*, 86 (2). doi: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2019.86.185849>
- Altintas, Y., Ber, A. (2001). Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. *Applied Mechanics Reviews*, 54 (5), B84–B84. doi: <https://doi.org/10.1115/1.1399383>
- Sipahi, R., Niculescu, S.-I., Abdallah, C.T., Michiels, W., Gu, K. (2011). Stability and Stabilization of Systems with Time Delay. *IEEE Control Systems*, 31 (1), 38–65. doi: <https://doi.org/10.1109/mcs.2010.939135>
- Petrakov, Y., Danylchenko, M., Petryshyn, A. (2019). Prediction of chatter stability in turning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (101)), 58–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.177291>
- Szulewski, P., Śniegulska-Grądzka, D. (2017). Systems of automatic vibration monitoring in machine tools. *Mechanik*, 90 (3), 170–175. doi: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.3.37>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266825

### DEVELOPING A METHOD FOR DETERMINING THE TIME PARAMETERS OF A MOBILE FIRE EXTINGUISHER OPERATOR (p. 93–99)

**Yuriy Abramov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

**Oleksii Basmanov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

**Vitaliy Sobyna**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

**Dmitry Sokolov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7996-689X>

**Serhii Rahimov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8639-3348>

The object of this study is the process of functioning of the “man-machine” system on the example of the operator of a mobile fire installation. One of the issue when building models of such systems is to determine the parameters a priori of a given model of the human operator – the delay time and a time constant.

For one of the promising means of fire extinguishing such as a mobile installation based on Segway, a method for determining the time parameters of the operator has been devised. A feature of the method is the use of approximation of partial derivatives from the phase-frequency characteristics of the operator in frequency, determined at two frequencies. This approach makes it possible to get rid of the need to use transcendental equations to determine time parameters and move on to an algebraic equation. To substantiate the values of frequencies at which partial derivatives are approximated, tolerance accuracy criteria are used. It is shown that working range of the operator of the mobile fire installation is in the infra-frequency region. Therefore, it is advisable to determine the phase-frequency characteristics of the operator numerically using an array of data on the transition function of the operator. An array of such data is formed using the Kotelnikov-Nyquist-Shannon theorem. A list of sequential procedures for the implementation of the method for determining the time parameters of the operator of a mobile fire installation is provided. The method for determining the time parameters of the operator of a mobile fire installation was verified by solving a test problem. It is shown that with permissible errors in the time parameters of the operator at the level of 5.0 %, the errors in their determining do not exceed 2.0 %.

The reported results can be used for determining the dynamic parameters of the model of the operator of the fire installation, provided that the tolerance criterion for accuracy is set.

**Keywords:** mobile fire installation, operator, time parameters, dynamic parameters, frequency characteristics.

### References

- Paris Firefighters Used This Remote-Controlled Robot to Extinguish the Notre Dame Blaze. Available at: <https://spectrum.ieee.org/colossus-the-firefighting-robot-that-helped-save-notre-dame#toggle-gdpr>
- Firefighter Drones – How Drones are Being Used for Helping Fire Departments. Available at: <https://dronenodes.com/firefighter-drones/>
- Segway-like robots designed to help firefighters and save lives. Available at: <https://newatlas.com/firefighting-robot-ffr/27849/>
- Villani, V., Czerniak, J. N., Sabattini, L., Mertens, A., Fantuzzi, C. (2019). Measurement and classification of human characteristics and capabilities during interaction tasks. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10 (1), 182–192. doi: <https://doi.org/10.1515/pjbr-2019-0016>
- Müller, R., Oehm, L. (2018). Process industries versus discrete processing: how system characteristics affect operator tasks. *Cognition, Technology & Work*, 21 (2), 337–356. doi: <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0511-1>
- Kaber, D. B. (2017). Issues in Human–Automation Interaction Modeling: Presumptive Aspects of Frameworks of Types and Levels of Automation. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 12 (1), 7–24. doi: <https://doi.org/10.1177/1555343417737203>
- Kopyt, A., Dzięwoński, T., Jastrzębski, D., Golon, K., Mirosław, M. (2017). Modeling of a human driver for a car driving simulator. ANSS '17: Proceedings of the 50th Annual Simulation Symposium. doi: <https://doi.org/10.22360/springsim.2017.anss.005>
- Sobina, V., Hizhnyak, A., Abramov, Yu. (2019). Determination of parameters of the model of the operator of a mobile fire installation. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 45, 161–166. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol45/Sobina.pdf>
- Aydin, Y., Tokatli, O., Patoglu, V., Basdogan, C. (2018). Stable Physical Human-Robot Interaction Using Fractional Order Admittance Control. *IEEE Transactions on Haptics*, 11 (3), 464–475. doi: <https://doi.org/10.1109/toh.2018.2810871>
- Yao, B., Zhou, Z., Wang, L., Xu, W., Liu, Q., Liu, A. (2018). Sensorless and adaptive admittance control of industrial robot in physical human-robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 51, 158–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.12.004>
- Tölgýessy, M., Dekan, M., Hubinský, P. (2018). Human-Robot Interaction Using Pointing Gestures. Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control. doi: <https://doi.org/10.1145/3284557.3284718>
- Nemec, D., Janota, A., Gregor, M., Hruboš, M., Pirník, R. (2017). Control of the mobile robot by hand movement measured by inertial sensors. *Electrical Engineering*, 99 (4), 1161–1168. doi: <https://doi.org/10.1007/s00202-017-0614-3>
- Buldakova, T. I., Suyatinov, S. I. (2019). Hierarchy of Human Operator Models for Digital Twin. 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). doi: <https://doi.org/10.1109/rusautocon.2019.8867602>
- Iqbal, M. U., Srinivasan, R. (2018). Simulator based performance metrics to estimate reliability of control room operators. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 56, 524–530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.10.011>
- Surya Atman, M. W., Noda, K., Funada, R., Yamauchi, J., Hatanaka, T., Fujita, M. (2019). On Passivity-Shortage of Human Operators for A Class of Semi-autonomous Robotic Swarms. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (34), 21–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.01.008>
- Khudyakova, E. P., Sedelkova, V. A., Tarasenkov, G. G., Chertopolokhov, V. A., Belousova, M. D., Natura, E. S. (2021). Characteristics of operator performance in controlling a virtual lunar rover during simulated lunar gravity. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0035989>
- Van Grootheest, H. A. (2017). Human-Operator Identification with Time-Varying ARX Models. TU Delft. Available at: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:da69d1cf-3274-466f-bbc2-573f571d154e?collection=education>
- Abramov, Yu. O., Tyshchenko, Ye. O., Sobyna, V. O. (2017). Pat. No. 119180 UA. Mobilna pozhzhna ustanovka. No. u201704071; declared: 24.04.2017; published: 11.09.2017, Bul. No. 17. Available at: <https://uapatents.com/4-119180-mobilna-pozhzhna-ustanovka.html>
- Abramov, Yu., Basmanov, A. (2017). Modeli i kharakteristiki protsesa tusheniya pozharov klassa B. LAP LAMBERT Academic Publishing, 192.
- Abramov, Yu. O., Sobyna, V. O., Khyzhniak, A. A., Zakora, O. V., Bezuhla, Yu. S. (2020). Pat. No. 143723 UA. Sposib vyznachennia dynamichnykh kharakterystyk operatora mobilnoi pozhzhnoi ustanovky. No. u202001028; declared: 17.02.2020; published: 10.08.2020, Bul. No. 15. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=270522>
- Abramov, Yu. O., Sobyna, V. O., Tyshchenko, Ye. O., Khyzhniak, A. A., Danilin, O. M. (2019). Pat. No. 135301 UA. Prystriy dlia vyznachennia kharakterystyk operatora mobilnoho pozhzhnoho robota. No. 201900596; declared: 21.01.2019; published: 25.06.2019, Bul. No. 12. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=259667>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269133

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ КОНФІГУРАЦІЇ ІТ-ПРОДУКТУ (с. 6–19)**

М. В. Євланов, Н. В. Васильцова, О. Є. Неумивакіна, І. Ю. Панфьорова

Об'єкт дослідження – процес управління конфігурацією ІТ-проєкту.

Під час дослідження вирішувалася проблема аналізу конфігурації ІТ-продукту. Дослідження в цій галузі спрямовані, в основному, на вирішення задачі аналізу конфігурації під час рефакторингу монолітного ІТ-продукту на окремі сервіси чи мікросервіси. Питання про методи декомпозиції опису архітектури розроблюваного ІТ-продукту на окремі функціональні конфігураційні елементи (СІ) залишається практично недослідженими.

В результаті дослідження розроблено метод, який дозволяє формувати у вигляді дендрограми усі можливі варіанти декомпозиції опису архітектури ІТ-продукту на окремі СІ. На відміну від існуючих, запропонований метод враховує ступінь повторюваності описів СІ. В основу методу покладено дивізійний алгоритм вирішення задачі кластеризації С. Макнаотона. Для його використання під час вирішення задачі було модифіковано засіб визначення відстані між двома функціональними СІ.

Розроблений метод пройшов експериментальну перевірку під час розробки функціональної задачі «Формування і ведення індивідуального плану науково-педагогічного працівника кафедри». У якості СІ було розглянуто 10 функцій задачі. Для визначення цих функцій використано описи 12 сутей бази даних задачі. В результаті сформовано дендрограму з усіма можливими варіантами декомпозиції опису архітектури задачі на окремі СІ.

Використання отриманих результатів дослідження дозволяє виділяти окремі функціональні СІ та групи СІ, описи яких в сильному ступені подібні один до іншого. Це дозволяє підвищити якість розробки ІТ-продукту за рахунок призначення таких груп СІ одному й тому ж виконавцю ІТ-проєкту.

Отримані результати використовуються для формування беклогів ІТ-продукту та подальшого розподілення їх елементів між виконавцями ІТ-проєкту.

**Ключові слова:** ІТ-продукт, опис архітектури, конфігураційний елемент, дивізійний алгоритм, відстань Чебишева, відстань Хеммінга.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267893

**ПОБУДОВА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ В КОНТУРІ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБ'ЄДНАННЯ ТА СТРУКТУРИЗАЦІЇ ДАНИХ ОРГАНІЗАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ ВУЗУ) (с. 20–29)**

Oxana Kopnova, Anna Shaporeva, Kainizhamal Iklassova, Agibay Kushumbayev, Askar Tadzhigitov, Aliya Aitymova

Цифровізація всіх сфер життєдіяльності призвела до того, що в організаціях в різних джерелах даних зберігається великий обсяг інформації. Процес прийняття стратегічних рішень може припускати глибокий аналіз даних щодо багатьох позицій виробничого циклу організації. Однак збір даних у такому випадку може займати тижні. Для оперативного прийняття рішення це досить довгий термін.

Об'єктом дослідження є дані, що зберігаються в корпоративній інформаційній системі організації, методи їхнього аналізу для прийняття управлінських рішень.

Предметом дослідження є автоматизація роботи з даними в рамках корпоративної аналітичної системи, виявлення закономірностей аналізу даних, а також проєктування інформаційно-аналітичної системи вузу.

Представлена інформаційно-аналітична система дозволить вирішити проблему консолідації розрізнених даних корпоративних інформаційних систем, а також оперативних даних організації. Це забезпечується створенням бази метаданих та формуванням на їхній основі надбудови інформаційно-аналітичної системи із застосуванням технологій PowerBI. Модернізована загальноприйнята схема проєктування інформаційної системи з демонстрацією місця бази метаданих у контурі корпоративної інформаційної системи вузу. Наведено модель аналізу даних на основі формування продукційних правил побудови дерева рішень на прикладі аналізу кадрового потенціалу.

Результати даного дослідження можуть бути корисні аналітикам, керівникам та менеджерам вищої ланки будь-яких великих організацій при створенні аналітичної системи ефективності діяльності організації.

**Ключові слова:** інформаційно-аналітична система, системи бізнес-аналітики, продукційні правила, виявлення прихованих залежностей, PowerBI, структуризація даних, аналіз даних, інформаційна система вузу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266907

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДОДРУКАРСЬКОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ (с. 30–40)**

Є. М. Грабовський, С. В. Мінухін, Н. О. Бринза

Подано методику вдосконалення інформаційного забезпечення системи додрукарської підготовки шляхом введення нових інформаційних блоків попередження виникнення помилок та прогнозування кінцевого результату до початку виконання операцій додрукарського процесу. Розроблено концептуальні положення оцінки якості додрукарського технологічного процесу. Дані концептуальні положення стали основою вирішення проблеми виникнення системних та випадкових помилок на етапі планування, створили

умови для істотного скорочення часу додрукарської підготовки, а, отже, і всього виробничого процесу. Для визначення показників, які слід покращувати, розроблено параметризовану форму опису кожної технологічної операції додрукарської підготовки. Ця параметризована форма дає змогу формального опису операцій, визначення відповідних показників якості на основі сформованих параметрів і розробки баз даних і знань інформаційної системи підтримки випереджаючого контролю якості додрукарської підготовки.

Здійснено класифікацію чинників, які впливають на якість додрукарського технологічного процесу. Внаслідок цього з'явилась змога здійснити відсікання з подальшого розгляду таких чинників, що не мають значення для оцінки якості додрукарської підготовки. Запропоновані чинники становлять основу бази знань інформаційної системи оцінки якості додрукарського технологічного процесу.

Розроблено метод «випереджаючого» контролю якості. Вказаний метод забезпечує виявлення «вузьких місць» при виконанні кожної технологічної операції додрукарського технологічного процесу, внаслідок чого можна уникнути появи випадкових та системних помилок. У якості результируючих показників запропонованого методу виступили вірогідність виникнення помилки, вірогідність безпомилкового виконання технологічної операції, вартість контролю технологічної операції та вартість усунення помилки.

Запропоновано методіку інформаційної підтримки оцінки якості додрукарського технологічного процесу. Виконано реалізацію розробленої методіки інформаційної підтримки оцінки якості додрукарського технологічного процесу у вигляді інформаційної системи оцінки якості додрукарської підготовки. Ця інформаційна система дозволяє здійснювати автоматизацію запропонованого в даному дослідженні методу «випереджаючого» контролю якості. Так, на прикладі технологічної операції корекції кольору та кольоророзділення за параметром «кольорова модель СМУК» на основі використання експертної підсистеми бази знань отримано вірогідність виникнення помилки – 1, вартість усунення помилки – 6 \$.

**Ключові слова:** інформаційна підтримка оцінки якості додрукарської підготовки, помилки додрукарської підготовки, корекція кольору, «випереджаючий» контроль якості.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266387**

### **РОЗРОБКА ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ІНЦИДЕНТАМИ (с. 41–50)**

**Gulbakyt Sembina, Karina Mayandinova, Lyazat Naizabayeva, Saule Sagnayeva**

Однією з найважливіших завдань удосконалення інформаційно-технологічної інфраструктури підприємства є підвищення ефективності системи управління інцидентами. Актуальність цього дослідження полягає у тому, що у час роботи служби технічної підтримки за умов великого потоку звернень прискорює порушення термінів дозволу, встановлених бізнесом. Це, у свою чергу, призводить до простою інформаційних систем та фінансових втрат підприємства. У цій статті аналізується доцільність впровадження третьої лінії технічної підтримки для збільшення частки інцидентів, які дозволяються в рамках прийнятої на підприємстві Угоди про рівень обслуговування. Проведено порівняльний аналіз широко вживаної дворівневої моделі із запропонованою у цій роботі тривірневою моделлю з використанням нотації моделі бізнес-процесу. Ефективність моделі підтверджується автоматизованими розрахунками з використанням метрик, розрахунком коефіцієнтів швидкості та задоволеності в рамках двох та трьох рівнів моделі та подальшим порівнянням цих показників для встановлення закономірностей. Таким чином, можна відстежувати, наскільки успішно і своєчасно дозволяються інциденти інформаційних систем, що безпосередньо відображає доступність і правильність функціонування систем і всієї компанії.

Були розраховані практичні втрати компанії через простою системи, а також фінансові втрати, що виникають, до і після прийняття тривірневої системи з урахуванням супутніх витрат, щоб визначити, чи є запуск моделі виправданим і прибутковим.

Таким чином, запропонована модель може бути прийнята організаціями з метою підвищення якості послуг, що надаються ІТ-підрозділом, зниження впливу та впливу інцидентів на продуктивність та доступність систем, що впливають на формування фінансової звітності.

**Ключові слова:** управління інцидентами, переривання обслуговування, лінія підтримки, час розв'язання, угода про рівень обслуговування, еталонна модель.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266988**

### **ФОРМУВАННЯ ТИПОВОЇ ФОРМИ ЗОБРАЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ НА СЕРІЇ ЦИФРОВИХ КАДРІВ (с. 51–59)**

**В. Є. Саваневич, С. В. Хламов, В. П. Власенко, Ж. В. Дейнеко, О. Б. Брюховецький, І. С. Табакова, Т. О. Трунова**

Розроблено обчислювальний метод автоматизованого формування типової форми цифрового зображення досліджуваних об'єктів на серії цифрових кадрів. Через недосконалість кріплення цифрових камер, а також їх автоматизованих монтувань, їхня нерухомість під час зйомки протягом часу експозиції може порушуватися, що призводить до формування «змазаних» зображень об'єктів різної форми.

Через подібні неточності супроводу об'єктів на цифрових кадрах навіть однієї серії типова форма зображення об'єктів може змінюватися від кадру до кадру. Даний факт відмінності типової форми значно ускладнює виконання різних завдань обробки зображень.

З метою спрощення оцінки параметрів зображення об'єктів на серії цифрових кадрів було запропоновано використовувати типове зображення на цифровому кадрі, що відповідає середньому зображенню об'єктів як модель зображень об'єктів. При цьому вид зображення об'єкта, його форма, розподіл яскравості зображення будуть визначатися тільки типовим зображенням.

У роботі запропоновано обчислювальний метод автоматизованого формування та оцінки типової форми зображення об'єкта на цифровому кадрі на основі вхідних даних – власне даного цифрового кадру. Даний обчислювальний метод заснований на виборі одиночних зображень об'єктів та формуванні їх прямокутної області. Далі виконується оцінка зміщення та нормування обраних одиночних зображень об'єктів для обчислення типової форми зображення об'єкта.

Використання методу дозволяє виділяти об'єкти на тлі шуму та скорочувати кількість помилкових виявлень. Рекоменується застосовувати метод лише у випадку, коли кадри мають дефекти та «змази» під час зйомки, інакше будуть необгрунтовані додаткові обчислювальні витрати.

Розроблений обчислювальний метод був успішно апробований на практиці в рамках проекту CoLiTec і впроваджений у блоці внутрішньокадрової обробки програмного забезпечення Lemur.

**Ключові слова:** передатна функція, МНК-оцінка параметрів, лінійні коефіцієнти кореляції, типова форма зображення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269948**

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ (с. 60–69)**

**Aliya Kintonova, Igor Povkhan, Marzhan Mussaif, Galymzhan Gabdreshov**

Ця тема дуже актуальна у сфері штучного інтелекту як напрями розпізнавання образів. У цій роботі райдужна оболонка ока сприймається як зображення.

Штучний інтелект робить цю технологію доступнішою для використання в камерах відеоспостереження, смартфонах та різних сферах людської діяльності.

У статті відображено результати дослідження методів та технологій розпізнавання образів на прикладі райдужної оболонки ока людини.

Метою роботи було вивчення методів та технологій розпізнавання райдужної оболонки ока людини та співробітників конкретної організації з використанням обладнання EyeLock шляхом порівняння результатів сегментації зі стандартною сегментацією Даугмана.

Порівняльний аналіз результатів сегментації зі стандартною сегментацією можна виконати шляхом прямого вимірювання кількості правильно сегментованих райдужних оболонок в обох методах або шляхом непрямого вимірювання впливу сегментації на ефективність розпізнавання райдужної оболонки. Метод із використанням інтегрально-диференціального оператора Даугмана має найбільшу ефективність. Поліпшено продуктивність нейронної мережі. Щоб використовувати нейронну мережу для класифікації профілів райдужної оболонки, ми вибрали набори зображень (зображення на людину) як навчальні зображення, а інші зображення використовували як тестові зображення. Час навчання (за секунди): для методу Даугмана 170,7, а для параболічного методу 204,7.

До захопленого зображення застосовується інтегрально-диференціальний оператор Даугмана для отримання «максимальної інтегральної похідної контуру» з радіусом, що постійно збільшується, в «попередньо зменшуються масштабах» за трьома параметрами: координатами центру і радіусом. Знаходження максимуму при відхиленні координат пошуку по спіралі, що розкручується.

Методи та прийоми розпізнавання образів були досліджені з використанням райдужної оболонки ока людини.

**Ключові слова:** розпізнавання образів, метод сегментації, технологія розпізнавання райдужної оболонки ока, біометрична автентифікація особистості.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269229**

### **РЕАЛІЗАЦІЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЛАУКОМИ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМИ ОЧНОГО ДНА (с. 70–77)**

**Sabina Rakhmetulayeva, Zarina Syrymbet**

Внесок даної роботи складається з двох аспектів. По-перше, для виявлення та моніторингу глаукоми використовуються інструменти машинного навчання. По-друге, дається уявлення про медицину, що може допомогти медичним працівникам підвищити точність діагностики захворювань і допомогти знизити прогресування та дегенерацію гангліозних клітин сітківки у пацієнтів. Глаукома – це група очних захворювань, при яких пошкоджується зоровий нерв, що може призвести до втрати зору та сліпоти в будь-якому віці. Основним симптомом глаукоми на ранніх стадіях є підвищений внутрішньоочний тиск. Досі невідомо, що викликає розвиток цих захворювань, але відсутність лікування призводить до атрофії зорового нерва. З цієї причини в даній роботі ми пропонуємо нову систему глибокого навчання для автоматичної діагностики глаукоми з використанням згорткової нейронної мережі для класифікації, яка демонструє поліпшену продуктивність та фіксує час обчислень для зображень очного дна. Результати показали точність 94 % і величину втрат всього 0,27. Модель, яку ми створили для дослідження за допомогою Keras, допомогла нам досягти хороших результатів у процесі навчання та тестування. Результати дослідження демонструють здатність моделі глибокого навчання ідентифікувати глаукому за зображеннями очного дна. Збільшення розміру фільтрів та навчання моделі призвели до підвищення точності. Опитування населення, проведене у 2019 році, показує, що більшість пацієнтів з глаукомою дізнаються про своє захворювання пізно, після того, як хвороба викликає високий рівень ураження зорового нерва і високий відсоток втрати зору. Рання діагностика та виявлення глаукоми з використанням технології візуалізації зорового нерва викликали широкий клінічний інтерес з точки зору зупинки або уповільнення прогресування захворювання, що дозволило розробити нові алгоритми автоматизації діагностики захворювань очей.

**Ключові слова:** глибоке навчання, глаукома, згорткова нейронна мережа, зображення очного дна, обробка зображень.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268018**

### **РОЗРОБКА ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ (с. 78–84)**

**О. В. Гнездовський, О. В. Кудін, Ю. О. Бєлоконь, Д. О. Кругляк, С. В. Ільїн**

Розроблено архітектуру та програмну реалізацію бібліотеки класів скінченно-елементного аналізу задач теорії пружності з відкритим програмним кодом. Практична необхідність таких систем пов'язана з тим, що у сучасній техніці виникають нові типи матеріалів, розрахунок елементів конструкцій яких має певні особливості. Як наслідок, необхідно оновлювати відповідне наукове програмне забезпечення чи, навіть, створювати нове. Гнучка програмна архітектура розробляється з метою зменшення часу та складності таких

оновлень. Проаналізовано наявні реалізації методу скінченних елементів з відкритим програмним кодом та виявлено, що відсутні системи, спрямовані на максимально гнучку та зрозумілу для користувача архітектуру. Запропонована в роботі система абстрактних класів відповідає відомим SOLID принципам об'єктно-орієнтованого проєктування та дозволяє масштабувати вже розроблену програму аналізу для нових задач у легкий та зрозумілий спосіб. Для тестування якості розробленої системи з точки зору програмної інженерії використано метрики коду індекс ремонтпридатності та цикломатична складність. Значення вказаних метрик для модулів ядра системи PyFEM змінюються в таких діапазонах: від 1 до 18 для індексу ремонтпридатності, від 22 до 100 для цикломатичної складності. Виконано тестування PyFEM на задачі визначення напружено-деформованого стану лопатки ротора турбіни. Завдяки простоті реалізації вдалося побудувати набір ефективних й інтуїтивно-зрозумілих класів, що дозволяють виконувати чисельне розв'язання статичних і динамічних задач теорії пружності. Розроблена бібліотека класів може бути використана при розробці як універсального, так і спеціалізованого програмного забезпечення, призначеного для аналізу мультифізичних задач.

**Ключові слова:** метод скінченних елементів, об'єктно-орієнтоване програмування, шаблон проєктування, теорія пружності, PyFEM.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268637**

### **ЧАСТОТНО-ЧАСОВИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОСТІ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ (с. 85–92)**

**Ю. В. Петраков, М. А. Данильченко**

Представлено новий підхід до забезпечення сталості процесу токарної обробки, який базується на частотно-часових характеристиках технологічної обробної системи (ТОС). Підхід використовує математичну модель процесу точіння як одномасової системи з одним ступенем свободи з урахуванням негативного зворотного зв'язку за нормальною координатою та позитивного зворотного зв'язку із запізненням за глибиною різання. Запропоновано новий критерій сталості процесу різання як системи із запізненням у позитивному зворотному зв'язку, що ґрунтується на аналізі частотних характеристик у вигляді діаграми Найквіста. Доведено, що така система буде сталою, коли графік її діаграми Найквіста не охоплює точку з координатами  $[+1, 0]$  на комплексній площині. Справедливість нового критерію підтверджено зіставленням результатів моделювання у часовому діапазоні з розташуванням діаграми Найквіста на комплексній площині. На основі нового критерію сталості складено алгоритм автоматичної побудови діаграми сталості (Stability Lobes Diagram – SLD). Визначено необхідні апріорні параметри ТОС, діапазони зміни частот та кроку розрахунку для побудови такої характеристики в координатах «глибина різання – частота обертання шпинделя». Адекватність отриманих результатів підтверджується натурним експериментом з оцінки шорсткості оброблених деталей при режимах різання, що потрапляють у область сталості та несталості на графіку SLD. Проведений натурний експеримент довів можливість суттєвого зниження шорсткості за параметром  $Rz$  з 43 мкм до 18 мкм при одночасному підвищенні продуктивності в 1,28 рази. Використання діаграми сталості особливо ефективно при програмуванні токарних верстатів з ЧПК, де є можливість вибору частоти обертання шпинделя в широкому діапазоні.

**Ключові слова:** сталість процесу різання, діаграма сталості, частотний критерій сталості, токарне оброблення.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266825**

### **РОЗРОБКА МЕТОДА ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ОПЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ УСТАНОВКИ (с. 93–99)**

**Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, В. О. Собина, Д. Л. Соколов, С. Ю. Рагімов**

Об'єктом дослідження є процес функціонування системи «людина – машина» на прикладі оператора мобільної пожежної установки. Однією з проблем при побудові моделей таких систем є визначення параметрів апріорі заданої моделі людини-оператора – часу затримки та постійної часу.

Для одного з перспективних засобів пожежогасіння – мобільної установки на базі сігвею – розроблено метод визначення часових параметрів оператора. Особливістю методу є використання апроксимації частинних похідних від фазово-частотної характеристики оператора по частоті, що визначаються на двох частотах. Такий підхід дозволяє позбавитись від необхідності в використанні трансцендентних рівнянь для визначення часових параметрів і перейти до алгебраїчного рівняння. Для обґрунтування величин частот, на яких здійснюється апроксимація частинних похідних, використовуються допускові критерії точності. Показано, що робочий діапазон оператора мобільної пожежної установки лежить в інфрачастотній області. Тому доцільним є визначення фазово-частотної характеристики оператора чисельним шляхом із використанням масиву даних стосовно перехідної функції оператора. Масив таких даних формується із використанням теореми Котельникова-Найквіста-Шеннона. Наведено перелік послідовних процедур для реалізації методу визначення часових параметрів оператора мобільної пожежної установки. Верифікація методу визначення часових параметрів оператора мобільної пожежної установки здійснена шляхом рішення тест-задачі. Показано, що при допустимих похибках часових параметрів оператора на рівні 5,0 %, похибки їх визначення не перевищують 2,0 %.

Отримані результати можуть бути використані при визначення динамічних параметрів моделі оператора пожежної установки, за умови завдання допускового критерію по точності.

**Ключові слова:** мобільна пожежна установка, оператор, часові параметри, динамічні параметри, частотні характеристики.