

## ABSTRACT AND REFERENCES

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306516

**DESIGN OF AN INFORMATION-COMPUTER SYSTEM FOR THE AUTOMATED MODELING OF SYSTEMS FOR AUTOMATIC ORIENTATION OF PRODUCTION OBJECTS IN THE MACHINE AND INSTRUMENT INDUSTRIES (p. 6–19)**

**Irina Cherepanska**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0741-7194>**Artem Sazonov**

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-5863>**Petro Melnychuk**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-651X>**Dmytro Melnychuk**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9918-0608>**Sergii Kalchuk**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-2787>**Volodymyr Pryadko**

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8284-1062>**Valery Yanovsky**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1304-2704>

An information-computer system has been developed for the automated modeling of systems for automatic orientation of production objects, which is one of the most important and complex creative flexible production systems of machine and instrument engineering. The proposed information-computer system for automated modeling of systems of automatic orientation of production objects is an effective tool for solving an important task of a scientific and applied nature. Its use makes it possible to increase the speed and efficiency of information processing and to make correct and well-founded decisions when determining the composition and method of organization of systems of automatic orientation of production objects. The structure of this information-computer system is a specific set of software and hardware and information and telecommunication tools and interactive functional modules. This structure reproduces a certain paradigm that conditions the integrity and integration of the information-computer system for automated modeling of systems for automatic orientation of production objects in flexible production systems. In addition, uniformity, extensibility, the possibility of modernization and changeability of software components, protection of information from unauthorized access and preservation of commercial secrets are ensured according to international criteria for evaluating the protection of the computer system. Neuro-fuzzy network information processing and computer vision algorithms

have been implemented for automatic identification of production objects and orientation devices, which are components of automatic orientation systems of production objects. The developed information-computer system processes information in real time with high accuracy and speed.

**Keywords:** information-computer system, automatic orientation, technological preparation of production, decision support.

**References**

- Cherepanska, I., Sazonov, A., Melnychuk, D., Melnychuk, P., Khazanovych, Y. (2023). Quaternion Model of Workpieces Orienting Movements in Manufacturing Engineering and Tool Production. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 127–135. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_12)
- Al-Ahmari, A. M., Abdullhameed, O., Khan, A. A. (2018). An automatic and optimal selection of parts orientation in additive manufacturing. *Rapid Prototyping Journal*, 24 (4), 698–708. <https://doi.org/10.1108/rpj-12-2016-0208>
- Qin, Y., Qi, Q., Shi, P., Scott, P. J., Jiang, X. (2021). Status, issues, and future of computer-aided part orientation for additive manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 115 (5-6), 1295–1328. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-06996-6>
- Paramasivam, V., Senthil, V., Rajam Ramasamy, N. (2010). Decision making in equipment selection: an integrated approach with digraph and matrix approach, AHP and ANP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54 (9-12), 1233–1244. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2997-4>
- Abdelrhman, A. M., Wei Gan, W., Kurniawan, D. (2019). Effect of part orientation on dimensional accuracy, part strength, and surface quality of three dimensional printed part. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 694 (1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/694/1/012048>
- Danshina, S. Yu. (2014). Funktsional'noe modelirovanie protsessa tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva dlya proektov sozdaniya novoy tehniki. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannyye tehnologii*, 66, 37–46. Available at: <http://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/5089>
- Pishchukhin, A. M., Akhmedyanova, G. F. (2019). Hierarchical selection of technological equipment for the production system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 378 (1), 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012024>
- Vagapov, T. R., Murav'ev, V. V. (2023). Integration of Technological Preparation of Production into Automated Design Systems. *Vestnik IzhGTU Imeni M.T. Kalashnikova*, 26 (4), 50–58. <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2023-4-50-58>
- Soufi, Z., David, P., Yahouni, Z. (2021). A methodology for the selection of Material Handling Equipment in manufacturing systems. *IFAC-PapersOnLine*, 54 (1), 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.193>
- Angius, A., Colledani, M., Manzini, M., Ratti, A., Urgo, M. (2016). Equipment selection and evaluation approach for an adaptable assembly line. *IFAC-PapersOnLine*, 49 (12), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.548>

11. Sokolnikov, R. A., Bozheeva, T. V., Govorkov, A. S. (2020). Development of methodology for formalized selection of technological operations when designing technological process manufacturing of machinery. *Journal of Physics: Conference Series*, 1582 (1), 012080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1582/1/012080>
12. Xu, C. (2018). Application Analysis on Modern Machinery Manufacturing Technology and Precision Machining Technology. *Proceedings of the 4th Workshop on Advanced Research and Technology in Industry (WARTIA 2018)*. <https://doi.org/10.2991/wartia-18.2018.26>
13. Pierobom, F. M., Andrade, J. J. de O. (2020). Application of product development tools in equipment design for a technology-based small business. *Gestão & Produção*, 27 (2). <https://doi.org/10.1590/0104-530x3849-20>
14. Qin, Y., Qi, Q., Shi, P., Scott, P. J., Jiang, X. (2020). Automatic determination of part build orientation for laser powder bed fusion. *Virtual and Physical Prototyping*, 16 (1), 29–49. <https://doi.org/10.1080/17452759.2020.1832793>
15. Kyrlyovych, V., Tanovic, D., Kryzanivska, I., Melnychuk, P., Mohelnytska, L. (2022). Associative approach to automated synthesis of movement trajectories of industrial robots clamping devices using the method of crystallization of alternatives field. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 44 (4). <https://doi.org/10.1007/s40430-022-03434-w>
16. Cherepanska, I. Yu., Bezvesilna, O. M., Sazonov, A. Yu. (2018). Shtuchni neironni merezhi dlia vyreshennia zadach tekhnolohichnoi pidhotovky hnuchkoho vyrobnytstva. Kyiv: DP "NVTs "Priority", 192.
17. Calignano, E., Giuffrida, F., Galati, M. (2021). Effect of the build orientation on the mechanical performance of polymeric parts produced by multi jet fusion and selective laser sintering. *Journal of Manufacturing Processes*, 65, 271–282. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.03.018>
18. Nykolyuk, O. M., Martynchuk, I. V. (2018) A Methodology for Assessing Resource Potential of Innovation-Oriented Agricultural Enterprises, *Problemy Ekonomiky*, 1, 207–213. Available at: <http://surl.li/skwic>
19. The Common Criteria. Available at: <https://www.commoncriteriaportal.org>
20. Cherepanska, I., Bezvesilna, O., Sazonov, A., Nechai, S., Pidtychenko, O. (2018). Development of artificial neural network for determining the components of errors when measuring angles using a goniometric software-hardware complex. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (95)), 43–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141290>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303526**  
**COMPARISON OF SOLUTIONS TO THE TASK OF**  
**IT PRODUCT CONFIGURATION ITEMS EARLY**  
**IDENTIFICATION USING HIERARCHICAL**  
**CLUSTERIZATION METHODS (p. 20–33)**

**Maksym Ievlanov**

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

**Nataliya Vasiltcova**

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

**Iryna Panforova**

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

**Borys Moroz**

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>

**Andrii Martynenko**

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5033-4696>

**Dmytro Moroz**

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2577-3352>

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

During the research, the problem of early identification of configuration items (CI) in the information system (IS) of enterprise management was solved. Research in this field is mainly aimed at solving the task of early identification of services and microservices during the refactoring of software systems. The issue of the application of artificial intelligence methods for the detection of CI has not been sufficiently investigated.

During the study, the Chameleon hierarchical clustering method was adapted to solve the problem of early identification of CI IS. This method takes into account both the internal similarity and the connectivity of individual functions of the studied IS.

The adapted Chameleon method was used when solving the task of early identification of CI in the functional task «Formation and maintenance of an individual plan of a scientific and pedagogical employee of the department». 10 functions and 12 essences of the problem database were considered as the initial CIs. The result of the solution is a dendrogram with all possible options for decomposition of the description of the task architecture into individual CIs.

Based on the results, a comparative analysis of the use of Chameleon, DIANA, and AGNES methods for solving the problem of early identification was carried out. According to the criteria «Number of vertices of the dendrogram», «Number of levels of decomposition of the dendrogram», and «Evenness of filling the elements of the dendrogram», the results from using the Chameleon method are the best.

Using the research results allows automating the procedure of forming backlogs of IT project implementation teams. This makes it possible to improve the quality of IS development by assigning IS containing similar functions to the same IT project executor.

**Keywords:** information system, configuration item, hierarchical clustering, Chameleon method, Chebyshev distance.

## References

1. Bourque, P., Fairley, R. E. (Eds.) (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. Version 3.0. IEEE Computer Society, 335. Available at: <https://cs.fit.edu/~kgallagher/Schtick/Serious/SWEBOKv3.pdf>
2. Quigley, J. M., Robertson, K. L. (2019). *Configuration Management*. Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/9780429318337>
3. 15288-2015 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- System life cycle processes. <https://doi.org/10.1109/ieeestd.2015.7106435>
4. Farayola, O. A., Hassan, A. O., Adaramodu, O. R., Fakeyede, O. G., Olaideinde, M. (2023). Configuration management in the modern era: best practices, innovations, and challenges. *Computer Science & IT Research Journal*, 4 (2), 140–157. <https://doi.org/10.51594/csitrv.v4i2.613>

5. Reiff-Marganiec, S., Tilly, M. (Eds.) (2012). Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-61350-432-1>
6. 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. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.106984>
7. 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*. <https://doi.org/10.5220/0006206204350442>
8. Shahin, R. (2021). Towards Assurance-Driven Architectural Decomposition of Software Systems. *Computer Safety, Reliability, and Security. SAFECOMP 2021 Workshops*, 187–196. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-83906-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-83906-2_15)
9. Suljkanović, A., Milosavljević, B., Indić, V., Dejanović, I. (2022). Developing Microservice-Based Applications Using the Silvera Domain-Specific Language. *Applied Sciences*, 12 (13), 6679. <https://doi.org/10.3390/app12136679>
10. Felfernig, A., Le, V.-M., Popescu, A., Uta, M., Tran, T. N. T., Atas, M. (2021). An Overview of Recommender Systems and Machine Learning in Feature Modeling and Configuration. *Proceedings of the 15th International Working Conference on Variability Modelling of Software-Intensive Systems*. <https://doi.org/10.1145/3442391.3442408>
11. Abolfazli, A., Spiegelberg, J., Palmer, G., Anand, A. (2023). A Deep Reinforcement Learning Approach to Configuration Sampling Problem. *2023 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*. <https://doi.org/10.1109/icdm58522.2023.00009>
12. Sellami, K., Saied, M. A., Ouni, A. (2022). A Hierarchical DB-SCAN Method for Extracting Microservices from Monolithic Applications. *The International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2022*. <https://doi.org/10.1145/3530019.3530040>
13. 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)*. <https://doi.org/10.1109/icsa-c50368.2020.00011>
14. Ievlanov, M., Vasilcova, N., Neumyvakina, O., Panforova, I. (2022). Development of a method for solving the problem of it product configuration analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269133>
15. Karypis, G., Han, E.-H., Kumar, V. (1999). Chameleon: hierarchical clustering using dynamic modeling. *Computer*, 32 (8), 68–75. <https://doi.org/10.1109/2.781637>
16. Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/c2009-0-61819-5>
17. Vasylytsova, N. V., Panforova, I. Yu. (2022). Doslidzhennia vykorystannia metodiv ierarkhichnoi klasteryzatsiyi pid chas vyrishennia zadachi analizu konfihuratsiyi IT-produktu. *ASU ta pryklady avtomatyky*, 178, 37–49. Available at: [https://www.ewdtest.com/asu/wp-content/uploads/2024/01/ASUiPA\\_178\\_37\\_49.pdf](https://www.ewdtest.com/asu/wp-content/uploads/2024/01/ASUiPA_178_37_49.pdf)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304048**

**CONSTRUCTION OF A MODEL FOR MATCHING USER'S LINGUISTIC STRUCTURES TO A CHAT-BOT LANGUAGE MODEL (p. 34–41)**

**Olha Kryazhych**

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Pereiaslav, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1845-5014>

**Oleksandr Vasenko**

Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Pereiaslav, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8895-4284>

**Liudmyla Isak**

Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Pereiaslav, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7466-8757>

**Ihor Havrylov**

Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Pereiaslav, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0436-3776>

**Yevhen Gren**

Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Pereiaslav, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-0275-038X>

The research object of this work is the linguistic structures of the user when constructing a request to a chatbot with generative artificial intelligence. The study solved the task of improving the communication mediation algorithms of chatbots through the comparison models of linguistic structures by users. Sometimes the user intentionally or due to lack of information forms an inaccurate request. Formally, this is described by logical operations “And” and “And or Not”.

As a result of the research, a model was built comparing linguistic structures at the input with the information model of the response at the output. The model was based on an approach with recursive creation of an answer. That has made it possible to determine the basic characteristics of the object of the request and form an answer on this basis. Using this approach improved the accuracy of the chatbot response. It also made it possible to consider the linguistic structure of the user through its formalization. The use of logic algebra made it possible to find typical errors of users during dialogs with generative artificial intelligence.

A feature of the reported advancement is that the comparison of models of linguistic structures of query formation is carried out through a recurrent algorithm. As a result, it makes it possible to compare the query in such a way as to reduce the absolute error of the primary data by 0.02 % and simplify the process of mathematical calculations. At the same time, the received information becomes more accurate – the number of references increases from 2 to 6 sources.

The proposal could be used in practical activities to improve the natural language recognition technologies of users in chatbots with generative artificial intelligence. On this basis, it is possible to devise various applications and services for training and practical activities.

**Keywords:** generative artificial intelligence, recurrent algorithm, formalization of user request, basic sequence.

**References**

1. Gkinko, L., Elbanna, A. (2023). The appropriation of conversational AI in the workplace: A taxonomy of AI chatbot users. *International*

- Journal of Information Management, 69, 102568. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102568>
2. Hauptmann, C., Krenzer, A., Völkel, J., Puppe, F. (2024). Argumentation effect of a chatbot for ethical discussions about autonomous AI scenarios. *Knowledge and Information Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10115-024-02074-x>
  3. Auffarth, B. (2020). *Artificial intelligence with python cookbook: proven recipes for applying ai algorithms and deep learning techniques using tensorflow 2.x and pytorch 1.6*. PACKT Publishing, 468.
  4. Working Draft, Standard for Programming Language C++. Available at: <https://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2017/n4713.pdf>
  5. Zuo, Z., Zeng, Z., Su, W., Huang, Q., Ke, Y., Liu, Z. et al. (2023). Specification transformation method for functional program generation based on partition-recursion refinement rule. *Information Sciences*, 633, 613–632. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.03.055>
  6. Bian, W., Li, C., Hou, H., Liu, X. (2023). Iterative convolutional enhancing self-attention Hawkes process with time relative position encoding. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 14 (7), 2529–2544. <https://doi.org/10.1007/s13042-023-01780-2>
  7. Sannella, D., Fourman, M., Peng, H., Wadler, P. (2021). *Introduction to Computation*. In *Undergraduate Topics in Computer Science*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76908-6>
  8. Bossard, A. (2022). The SOF Programming Paradigm. *International Journal of Software Innovation*, 10 (1), 1–14. <https://doi.org/10.4018/ijsi.309965>
  9. Nirala, K. K., Singh, N. K., Purani, V. S. (2022). A survey on providing customer and public administration based services using AI: chatbot. *Multimedia Tools and Applications*, 81 (16), 22215–22246. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11458-y>
  10. Park, G., Chung, J., Lee, S. (2022). Effect of AI chatbot emotional disclosure on user satisfaction and reuse intention for mental health counseling: a serial mediation model. *Current Psychology*, 42 (32), 28663–28673. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-03932-z>
  11. Niu, B., Mvondo, G. F. N. (2024). I Am ChatGPT, the ultimate AI Chatbot! Investigating the determinants of users' loyalty and ethical usage concerns of ChatGPT. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 76, 103562. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103562>
  12. Huang, R. S., Lu, K. J. Q., Meaney, C., Kempainen, J., Punnett, A., Leung, F.-H. (2023). Assessment of Resident and AI Chatbot Performance on the University of Toronto Family Medicine Residency Progress Test: Comparative Study. *JMIR Medical Education*, 9, e50514. <https://doi.org/10.2196/50514>
  13. Xie, Y., Seth, I., Hunter-Smith, D. J., Rozen, W. M., Seifman, M. A. (2023). Investigating the impact of innovative AI chatbot on post-pandemic medical education and clinical assistance: a comprehensive analysis. *ANZ Journal of Surgery*, 94 (1-2), 68–77. <https://doi.org/10.1111/ans.18666>
  14. Kuckelman, I. J., Yi, P. H., Bui, M., Onuh, I., Anderson, J. A., Ross, A. B. (2024). Assessing AI-Powered Patient Education: A Case Study in Radiology. *Academic Radiology*, 31 (1), 338–342. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2023.08.020>
  15. Dongbo, M., Miniaoui, S., Fen, L., Althubiti, S. A., Alsenani, T. R. (2023). Intelligent chatbot interaction system capable for sentimental analysis using hybrid machine learning algorithms. *Information Processing & Management*, 60 (5), 103440. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2023.103440>
  16. Noroozi, N., Mironchenko, A., Wirth, F. R. (2022). A relaxed small-gain theorem for discrete-time infinite networks. *Automatica*, 142, 110363. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2022.110363>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298991

THE APPROACH DEVELOPMENT OF DATA

EXTRACTION FROM LAMBDA TERMS (p. 42–54)

**Oleksandr Deineha**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8024-8812>

**Volodymyr Donets**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5963-9998>

**Grygoriy Zholtkevych**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7515-2143>

The study's object is the process of extracting the characteristics of lambda terms, which indicate the optimality of the reduction strategy and increase the productivity of compilers and interpreters. The solution to the problem of extracting specific strategy priority data from lambda terms using Machine Learning methods was considered.

Such data was extracted using the large language model Microsoft CodeBERT, which was trained to solve the problem of summarizing the software code. The resulting matrices of embeddings were used to obtain vectors of average embeddings of size 768 and a latent space of size 8 thousand. Further, vectors of average embeddings were used for cluster analysis using the DBSCAN and Hierarchical Agglomerative clustering methods. The most informative variables affecting clustering were determined. Next, the clustering results were compared with the priorities of reduction strategies, which showed the impossibility of separating terms with RI priority. A feature of the obtained results is using machine learning methods to obtain knowledge.

The clustering results showed many of the same informative variables, which is explained by the similar shape of the obtained clusters. The results of comparing the clustering values with the real priority are explained by the impossibility of clearly determining the priority and the use of the Microsoft CodeBERT model, which was not trained for the analysis of lambda terms.

The proposed approach can find application in the development of compilers and interpreters of functional programming languages, allowing to analyze the code and extract important data to optimize the execution of programs. The obtained data can be used to develop rules aimed at improving the efficiency of compilation and interpretation.

**Keywords:** functional programming, Lambda Calculus, Large Language Model, unsupervised learning methods.

#### References

1. Pollak, D., Layka, V., Sacco, A. (2022). *Functional Programming. Beginning Scala* 3, 79–109. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7422-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7422-4_4)
2. Deineha, O., Donets, V., Zholtkevych, G. (2023). On Randomization of Reduction Strategies for Typeless Lambda Calculus. *Communications in Computer and Information Science*, 25–38. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48325-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48325-7_3)

3. Deineha, O., Donets, V., Zholtkevych, G. (2023). Estimating Lambda-Term Reduction Complexity with Regression Methods. *Information Technology and Implementation 2023*. Available at: [https://ceur-ws.org/Vol-3624/Paper\\_13.pdf](https://ceur-ws.org/Vol-3624/Paper_13.pdf)
4. Chen, J., Xu, N., Chen, P., Zhang, H. (2021). Efficient Compiler Autotuning via Bayesian Optimization. *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering (ICSE)*. <https://doi.org/10.1109/icse43902.2021.00110>
5. Cummins, C., Wasti, B., Guo, J., Cui, B., Ansel, J., Gomez, S. et al. (2022). CompilerGym: Robust, Performant Compiler Optimization Environments for AI Research. *2022 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)*. <https://doi.org/10.1109/cgo53902.2022.9741258>
6. Martins, L. G. A., Nobre, R., Cardoso, J. M. P., Delbem, A. C. B., Marques, E. (2016). Clustering-Based Selection for the Exploration of Compiler Optimization Sequences. *ACM Transactions on Architecture and Code Optimization*, 13 (1), 1–28. <https://doi.org/10.1145/2883614>
7. Ashouri, A. H., Bignoli, A., Palermo, G., Silvano, C., Kulkarni, S., Cavazos, J. (2017). MiCOMP. *ACM Transactions on Architecture and Code Optimization*, 14 (3), 1–28. <https://doi.org/10.1145/3124452>
8. de Souza Xavier, T. C., da Silva, A. F. (2018). Exploration of Compiler Optimization Sequences Using a Hybrid Approach. *Computing and Informatics*, 37 (1), 165–185. [https://doi.org/10.4149/cai\\_2018\\_1\\_165](https://doi.org/10.4149/cai_2018_1_165)
9. Mammadli, R., Jannesari, A., Wolf, F. (2020). Static Neural Compiler Optimization via Deep Reinforcement Learning. *2020 IEEE/ACM 6th Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC (LLVM-HPC) and Workshop on Hierarchical Parallelism for Exascale Computing (HiPar)*. <https://doi.org/10.1109/llvmhpcpar51896.2020.00006>
10. Runciman, C., Wakeling, D. (1993). Heap Profiling of a Lazy Functional Compiler. *Workshops in Computing*, 203–214. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3215-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3215-8_18)
11. Chlipala, A. (2015). An optimizing compiler for a purely functional web-application language. *Proceedings of the 20th ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming*. <https://doi.org/10.1145/2784731.2784741>
12. Deineha, O., Donets, V., Zholtkevych, G. (2023). Deep Learning Models for Estimating Number of Lambda-Term Reduction Steps. *3rd International Workshop of IT-professionals on Artificial Intelligence 2023*. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3641/paper12.pdf>
13. Vaswani, A., Shazeer, N. M., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N. et al. (2017). Attention is All you Need. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>
14. Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y. et al. (2023). A Survey of Large Language Models. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223>
15. Ormerod, M., del Rincón, J. M., Devereux, B. (2024). How Is a “Kitchen Chair” like a “Farm Horse”? Exploring the Representation of Noun-Noun Compound Semantics in Transformer-based Language Models. *Computational Linguistics*, 50 (1), 49–81. [https://doi.org/10.1162/coli\\_a\\_00495](https://doi.org/10.1162/coli_a_00495)
16. Rozière, B., Gehring, J., Gloeckle, F., Sootla, S., Gat, I., Tan, X. et al. (2023). Code Llama: Open Foundation Models for Code. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.12950>
17. Replit. *replit-code-V1-3B*. Hugging Face. Available at: <https://huggingface.co/replit/replit-code-v1-3b>
18. Elnaggar, A., Ding, W., Jones, L., Gibbs, T., Fehér, T. B., Angerer, C. et al. (2021). CodeTrans: Towards Cracking the Language of Silicon’s Code Through Self-Supervised Deep Learning and High Performance Computing. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.02443>
19. Feng, Z., Guo, D., Tang, D., Duan, N., Feng, X., Gong, M. et al. (2020). CodeBERT: A Pre-Trained Model for Programming and Natural Languages. *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020*. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.findings-emnlp.139>
20. Wang, Y., Wang, W., Joty, S., Hoi, S. C. H. (2021). CodeT5: Identifier-aware Unified Pre-trained Encoder-Decoder Models for Code Understanding and Generation. *Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.emnlp-main.685>
21. Styawati, S., Nurkholis, A., Aldino, A. A., Samsugi, S., Suryati, E., Cahyono, R. P. (2022). Sentiment Analysis on Online Transportation Reviews Using Word2Vec Text Embedding Model Feature Extraction and Support Vector Machine (SVM) Algorithm. *2021 International Seminar on Machine Learning, Optimization, and Data Science (ISMODE)*. <https://doi.org/10.1109/ismode53584.2022.9742906>
22. Dwivedi, V. P., Shrivastava, M. (2017). Beyond Word2Vec: Embedding Words and Phrases in Same Vector Space. *ICON*. Available at: <https://aclanthology.org/W17-7526.pdf>
23. Hartigan, J. A., Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Applied Statistics*, 28 (1), 100. <https://doi.org/10.2307/2346830>
24. Hahsler, M., Piekenbrock, M., Doran, D. (2019). dbscan: Fast Density-Based Clustering with R. *Journal of Statistical Software*, 91 (1). <https://doi.org/10.18637/jss.v091.i01>
25. Zhang, Y., Li, M., Wang, S., Dai, S., Luo, L., Zhu, E. et al. (2021). Gaussian Mixture Model Clustering with Incomplete Data. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 17 (1s), 1–14. <https://doi.org/10.1145/3408318>
26. Monath, N., Dubey, K. A., Guruganesh, G., Zaheer, M., Ahmed, A., McCallum, A. et al. (2021). Scalable Hierarchical Agglomerative Clustering. *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. <https://doi.org/10.1145/3447548.3467404>
27. Shahapure, K. R., Nicholas, C. (2020). Cluster Quality Analysis Using Silhouette Score. *2020 IEEE 7th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)*. <https://doi.org/10.1109/dsaa49011.2020.00096>
28. Ros, F., Riad, R., Guillaume, S. (2023). PDBI: A partitioning Davies-Bouldin index for clustering evaluation. *Neurocomputing*, 528, 178–199. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.01.043>
29. Lima, S. P., Cruz, M. D. (2020). A genetic algorithm using Calinski-Harabasz index for automatic clustering problem. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 12 (3), 97–106. <https://doi.org/10.5335/rbca.v12i3.11117>
30. Li, X., Liang, W., Zhang, X., Qing, S., Chang, P.-C. (2019). A cluster validity evaluation method for dynamically determining the near-optimal number of clusters. *Soft Computing*, 24 (12), 9227–9241. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04449-7>
31. Chung, H., Ko, H., Kang, W. S., Kim, K. W., Lee, H., Park, C. et al. (2021). Prediction and Feature Importance Analysis for Severity

- of COVID-19 in South Korea Using Artificial Intelligence: Model Development and Validation. *Journal of Medical Internet Research*, 23 (4), e27060. <https://doi.org/10.2196/27060>
32. Pereira, J. P. B., Stroes, E. S. G., Zwinderman, A. H., Levin, E. (2022). Covered Information Disentanglement: Model Transparency via Unbiased Permutation Importance. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 36 (7), 7984–7992. <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i7.20769>
  33. Chen, X., Ding, M., Wang, X., Xin, Y., Mo, S., Wang, Y. et al. (2023). Context Autoencoder for Self-supervised Representation Learning. *International Journal of Computer Vision*, 132 (1), 208–223. <https://doi.org/10.1007/s11263-023-01852-4>
  34. Yin, C., Zhang, S., Wang, J., Xiong, N. N. (2022). Anomaly Detection Based on Convolutional Recurrent Autoencoder for IoT Time Series. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 52 (1), 112–122. <https://doi.org/10.1109/tsmc.2020.2968516>
  35. Niedoba, T. (2014). Multi-parameter data visualization by means of principal component analysis (PCA) in qualitative evaluation of various coal types. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 50 (2), 575–589. Available at: <https://bibliotekanauki.pl/articles/109595>
  36. Oliveira, F. H. M., Machado, A. R. P., Andrade, A. O. (2018). On the Use of t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding for Data Visualization and Classification of Individuals with Parkinson's Disease. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2018, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2018/8019232>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305116**

**DEVELOPING A MODEL OF ASSOCIATION RULES WITH MACHINE LEARNING IN DETERMINING USER HABITS ON SOCIAL MEDIA (p. 55–61)**

**Antoni**

Universitas Islam Sumatera Utara, Teladan, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0008-7684-1590>

**Mahrani Arfah**

Universitas Islam Sumatera Utara, Teladan, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-6302-3704>

**Ferry Fachrizal**

Politeknik Negeri Medan, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-2489-6144>

**Okvi Nugroho**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-6156-3338>

The object of the research is the habits of social media users. The problem in this research is that there is a lot of data spread across social media platforms ranging from image data, text data to audio data, making it difficult to identify starting from user behavior patterns, user interest in certain things and user habits. This research aims to explore scattered text data as text data has not been analyzed deeply in terms of word structure, thus concealing a lot of information and making it difficult to conduct analysis to determine user patterns and behavior on social media. The results obtained from this research are in the form of analysis and models that can identify and understand user patterns and behavior on social media using association rules and machine learning approaches. In apply-

ing the association technique, an a priori algorithm is used, which in the process determines all text data into item sets so that it can identify the habits of social media users and in the machine learning process there is a model formation process so that the results can be compared. There are several stages in the process of determining user habits, such as cleaning data, changing unstructured data to structured, then going through the rule association stage using an a priori algorithm applied to social media data so that the relationship can be seen between words. After that, machine learning is applied so that comparisons occur in seeing the relationships between words. This is new research in producing a model to identify user behavior using association rules and machine learning so that it can be used to map positive, negative or neutral user behavior.

**Keywords:** habits, behavior, text data, associations, machine learning, social media.

**References**

1. El Rahman, S. A., AlOtaibi, F. A., AlShehri, W. A. (2019). Sentiment Analysis of Twitter Data. 2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS). <https://doi.org/10.1109/iccisci.2019.8716464>
2. Kumar, S., Khan, M. B., Hasanat, M. H. A., Saudagar, A. K. J., AlTameem, A., AlKhathami, M. (2022). An Anomaly Detection Framework for Twitter Data. *Applied Sciences*, 12 (21), 11059. <https://doi.org/10.3390/app122111059>
3. Lubis, A. R., Prayudani, S., Lubis, M., Nugroho, O. (2022). Sentiment Analysis on Online Learning During the Covid-19 Pandemic Based on Opinions on Twitter using KNN Method. 2022 1st International Conference on Information System & Information Technology (ICISIT). <https://doi.org/10.1109/icisit54091.2022.9872926>
4. Lubis, A. R., Nasution, M. K. M., Sitompul, O. S., Zamzami, E. M. (2023). A new approach to achieve the users' habitual opportunities on social media. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 12 (1), 41. <https://doi.org/10.11591/ijai.v12i1.pp41-47>
5. Thakur, N. (2022). Twitter Big Data as a Resource for Exoskeleton Research: A Large-Scale Dataset of about 140,000 Tweets from 2017–2022 and 100 Research Questions. *Analytics*, 1 (2), 72–97. <https://doi.org/10.3390/analytics1020007>
6. Schmidt, S., Zorenböhmer, C., Arifi, D., Resch, B. (2023). Polarity-Based Sentiment Analysis of Georeferenced Tweets Related to the 2022 Twitter Acquisition. *Information*, 14 (2), 71. <https://doi.org/10.3390/info14020071>
7. Firdaniza, F., Ruchjana, B., Chaerani, D., Radianti, J. (2021). Information Diffusion Model in Twitter: A Systematic Literature Review. *Information*, 13 (1), 13. <https://doi.org/10.3390/info13010013>
8. Kwon, J.-H., Kim, S., Lee, Y.-K., Ryu, K. (2021). Characteristics of Social Media Content and Their Effects on Restaurant Patrons. *Sustainability*, 13 (2), 907. <https://doi.org/10.3390/su13020907>
9. Wibowo, A., Chen, S.-C., Wiangin, U., Ma, Y., Ruangkanjanases, A. (2020). Customer Behavior as an Outcome of Social Media Marketing: The Role of Social Media Marketing Activity and Customer Experience. *Sustainability*, 13 (1), 189. <https://doi.org/10.3390/su13010189>
10. Ali Hakami, N., Hosni Mahmoud, H. A. (2022). The Prediction of Consumer Behavior from Social Media Activities. *Behavioral Sciences*, 12 (8), 284. <https://doi.org/10.3390/bs12080284>
11. Gupta, V., Jung, K., Yoo, S.-C. (2020). Exploring the Power of Multimodal Features for Predicting the Popularity of Social Media Image

- in a Tourist Destination. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4 (3), 64. <https://doi.org/10.3390/mti4030064>
12. Khafaga, D. S., Alharbi, A. H., Mohamed, I., Hosny, K. M. (2022). An Integrated Classification and Association Rule Technique for Early-Stage Diabetes Risk Prediction. *Healthcare*, 10 (10), 2070. <https://doi.org/10.3390/healthcare10102070>
  13. Orama, J. A., Borrás, J., Moreno, A. (2021). Combining Cluster-Based Profiling Based on Social Media Features and Association Rule Mining for Personalised Recommendations of Touristic Activities. *Applied Sciences*, 11 (14), 6512. <https://doi.org/10.3390/app11146512>
  14. Lee, S., Cha, Y., Han, S., Hyun, C. (2019). Application of Association Rule Mining and Social Network Analysis for Understanding Causality of Construction Defects. *Sustainability*, 11 (3), 618. <https://doi.org/10.3390/su11030618>
  15. Kruse, R., Lokukatagoda, T., Alkushayni, S. (2022). A framework for association rule learning with social media networks. *IOP SciNotes*, 3 (1), 015001. <https://doi.org/10.1088/2633-1357/abe9be>
  16. Diaz-Garcia, J. A., Ruiz, M. D., Martin-Bautista, M. J. (2022). A survey on the use of association rules mining techniques in textual social media. *Artificial Intelligence Review*, 56 (2), 1175–1200. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10196-3>
  17. Shazad, B., Ullah Khan, H., Rehman, Z., Farooq, M., Mahmood, A., Mehmood, I. et al. (2019). Finding Temporal Influential Users in Social Media Using Association Rule Learning. *Intelligent Automation and Soft Computing*. <https://doi.org/10.31209/2019.100000130>
  18. Zhang, J., Marino, C., Canale, N., Charrier, L., Lazzeri, G., Nardone, P., Vieno, A. (2022). The Effect of Problematic Social Media Use on Happiness among Adolescents: The Mediating Role of Lifestyle Habits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (5), 2576. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052576>
  19. Zingla, M. A., Ettaleb, M., Latiri, C. C., Slimani, Y. (2014). INEX2014: Tweet Contextualization Using Association Rules between Terms. Working Notes for CLEF 2014 Conference, 574–584. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-1180/CLEF2014wn-Inex-ZinglaEt2014.pdf>
  20. Koukaras, P., Tjortjis, C., Rousidis, D. (2022). Mining association rules from COVID-19 related twitter data to discover word patterns, topics and inferences. *Information Systems*, 109, 102054. <https://doi.org/10.1016/j.is.2022.102054>
  21. Güven, Z. A., Diri, B., Çakaloğlu, T. (2018). Classification of Turkish Tweet emotions by n- stage Latent Dirichlet Allocation. 2018 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineering's Meeting (EBBT). <https://doi.org/10.1109/ebbt.2018.8391454>
  22. Drias, Y., Drias, H. (2021). Sentiment Evolution Analysis and Association Rule Mining for COVID-19 Tweets. *Journal of Digital Art & Humanities*, 2 (2), 3–21. [https://doi.org/10.33847/2712-8148.2.2\\_1](https://doi.org/10.33847/2712-8148.2.2_1)
  23. Lian, S., Gao, J., Li, H. (2018). A Method of Mining Association Rules for Geographical Points of Interest. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (4), 146. <https://doi.org/10.3390/ijgi7040146>
  24. Kusumaningrum, R., Wiedjayanto, M. I. A., Adhy, S., Suryono (2016). Classification of Indonesian news articles based on Latent Dirichlet Allocation. 2016 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE). <https://doi.org/10.1109/icodse.2016.7936106>
  25. Ranjan, R., Kumar, S. S. (2022). User behaviour analysis using data analytics and machine learning to predict malicious user versus legitimate user. *High-Confidence Computing*, 2 (1), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.hcc.2021.100034>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306726**

**USING RELATIONAL LEARNING IN EXPLORING THE EFFECTIVENESS OF USING HASHTAGS IN FUTURE TOPICS AND USER RELATIONS IN X (p. 62–68)**

**Ahmad Rahmatika**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-3745-6888>

**Al-khowarizmi**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4401-9999>

**Akrim**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3984-9242>

**Okvi Nugroho**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-6156-3338>

**Tri Andre Anu**

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-3931-3424>

This research has a research object, namely relational learning with a mathematical modeling approach from graph queries for exploring future topics and user relationships. The problem in this research is the large and varied number of tweets that are produced every day, where each use of hashtags always increases, which has an impact on the accumulation of data that needs to be processed to obtain information because users on social media X can interact to influence trends so as to solve the problem. This requires the application of relational learning by utilizing graph query mathematical models. The results obtained from this research are in the form of a model that can produce predictions of future topics and see user relationships based on interactions on social media with relationships between entities at interconnected nodes. In applying relational learning with mathematical models utilizing graph queries there will be a process of examining the relationships between entities, content and communication interactions in accordance with the definitions and theorems that have been described to observe each node. In relational learning, there will be each node according to the entity used, then the mathematical model with graph queries will connect all the entities to form a graph that can be used as a model for predicting future topics and relationships between users. This research is research with a level of novelty in applying graphical queries to mathematical models to predict future topics and applying relational learning to user relationships so that it can add information related to future communication. Graph queries aim to model a node between relations in the data so that it can represent a relationship between variables.

**Keywords:** user relationships, future topics, mathematical models, graph queries, relational learning.

**References**

1. Wu, E., Wu, T., Yuce, M. R. (2019). Design and Implementation of a Wearable Sensor Network System for IoT-Connected Safety and Health Applications. 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). <https://doi.org/10.1109/wf-iot.2019.8767280>

2. Liu, J., Zhao, Z., Ji, J., Hu, M. (2020). Research and application of wireless sensor network technology in power transmission and distribution system. *Intelligent and Converged Networks*, 1 (2), 199–220. <https://doi.org/10.23919/icn.2020.0016>
3. Swamy, S. N., Jadhav, D., Kulkarni, N. (2017). Security threats in the application layer in IOT applications. 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). <https://doi.org/10.1109/i-smac.2017.8058395>
4. Shivalingagowda, C., Ahmad, H., Jayasree, P. V. Y., Sah, D. K. (2021). Wireless Sensor Network Routing Protocols Using Machine Learning. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 99–120. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0386-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0386-0_7)
5. Khutsoane, O., Isong, B., Gasela, N., Abu-Mahfouz, A. M. (2020). WaterGrid-Sense: A LoRa-Based Sensor Node for Industrial IoT Applications. *IEEE Sensors Journal*, 20 (5), 2722–2729. <https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2951345>
6. Wang, A., Dara, R., Yousefinaghani, S., Maier, E., Sharif, S. (2023). A Review of Social Media Data Utilization for the Prediction of Disease Outbreaks and Understanding Public Perception. *Big Data and Cognitive Computing*, 7 (2), 72. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020072>
7. Hajiakhoond Bidoki, N., Mantzaris, A. V., Sukthankar, G. (2019). An LSTM Model for Predicting Cross-Platform Bursts of Social Media Activity. *Information*, 10 (12), 394. <https://doi.org/10.3390/info10120394>
6. Ertam, F., Kilincer, I. F., Yaman, O., Sengur, A. (2020). A New IoT Application for Dynamic WiFi based Wireless Sensor Network. 2020 International Conference on Electrical Engineering (ICEE). <https://doi.org/10.1109/icee49691.2020.9249771>
7. Yahya, O. H., Alrikabi, H., Aljazeera, I. A. (2020). Reducing the Data Rate in Internet of Things Applications by Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 16 (03), 107. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i03.13021>
8. Mejjaoui, S., Babiceanu, R. F. (2015). RFID-wireless sensor networks integration: Decision models and optimization of logistics systems operations. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.02.005>
9. You, G., Zhu, Y. (2020). Structure and Key Technologies of Wireless Sensor Network. 2020 Cross Strait Radio Science & Wireless Technology Conference (CSRSWTC). <https://doi.org/10.1109/csrswtc50769.2020.9372727>
10. Taherdoost, H. (2023). Enhancing Social Media Platforms with Machine Learning Algorithms and Neural Networks. *Algorithms*, 16 (6), 271. <https://doi.org/10.3390/a16060271>
11. Gutierrez-Osorio, C., González, F. A., Pedraza, C. A. (2022). Deep Learning Ensemble Model for the Prediction of Traffic Accidents Using Social Media Data. *Computers*, 11 (9), 126. <https://doi.org/10.3390/computers11090126>
12. Huang, J.-Y., Lee, W.-P., Lee, K.-D. (2022). Predicting Adverse Drug Reactions from Social Media Posts: Data Balance, Feature Selection and Deep Learning. *Healthcare*, 10 (4), 618. <https://doi.org/10.3390/healthcare10040618>
13. Xu, Z., Qian, M. (2023). Predicting Popularity of Viral Content in Social Media through a Temporal-Spatial Cascade Convolutional Learning Framework. *Mathematics*, 11 (14), 3059. <https://doi.org/10.3390/math11143059>
14. Abu-Salih, B., Al-Tawil, M., Aljarah, I., Faris, H., Wongthongtham, P., Chan, K. Y., Beheshti, A. (2021). Relational Learning Analysis of Social Politics using Knowledge Graph Embedding. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 35 (4), 1497–1536. <https://doi.org/10.1007/s10618-021-00760-w>
15. Malozymov, B. V., Martyushev, N. V., Sorokova, S. N., Efremenkov, E. A., Valuev, D. V., Qi, M. (2024). Analysis of a Predictive Mathematical Model of Weather Changes Based on Neural Networks. *Mathematics*, 12 (3), 480. <https://doi.org/10.3390/math12030480>
16. Shafqat, W., Byun, Y.-C. (2019). Topic Predictions and Optimized Recommendation Mechanism Based on Integrated Topic Modeling and Deep Neural Networks in Crowdfunding Platforms. *Applied Sciences*, 9 (24), 5496. <https://doi.org/10.3390/app9245496>
17. Regulski, K., Opaliński, A., Swadźba, J., Sitkowski, P., Wąsowicz, P., Kwietniewska-Smietana, A. (2024). Machine Learning Prediction Techniques in the Optimization of Diagnostic Laboratories' Network Operations. *Applied Sciences*, 14 (6), 2429. <https://doi.org/10.3390/app14062429>
18. Aljohani, A. (2023). Predictive Analytics and Machine Learning for Real-Time Supply Chain Risk Mitigation and Agility. *Sustainability*, 15 (20), 15088. <https://doi.org/10.3390/su152015088>
19. Sánchez Lasheras, F. (2021). Predicting the Future-Big Data and Machine Learning. *Energies*, 14 (23), 8041. <https://doi.org/10.3390/en14238041>
20. He, Z., Yu, J., Gu, T., Yang, D. (2024). Query execution time estimation in graph databases based on graph neural networks. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36 (4), 102018. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.102018>
21. Zhu, L., Zhang, H., Bai, L. (2024). Hierarchical pattern-based complex query of temporal knowledge graph. *Knowledge-Based Systems*, 284, 111301. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2023.111301>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306968**

**DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPUTING ALGORITHM OF TECHNOLOGY FOR MONITORING LEARNING RESULTS (p. 69–82)**

**Galiya Yesmagambetova**

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9868-293X>

**Alimbubi Aktayeva**

Abay Myrzakhmetov Kokshetau University,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2693-6785>

**Akky Kubigenova**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0342-5253>

**Aigerim Ismukanova**

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0354-085X>

**Tatyana Fomichyova**

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8091-570X>

**Seilkhan Zhartanov**

Abay Myrzakhmetov Kokshetau University,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-8057-548X>



**Aidyn Daurenova**

Abay Myrzakhetov Kokshetau University,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9156-7069>

The present publication considers implementing an online control proctoring system, with the possibility of using methods and models of pattern recognition using algorithmic quantum computing to conduct online exams. The study's object is the protection method within infrastructure proctoring systems in education. The study aims to create a security system for proctoring technology infrastructure in education. The article proposes an alternative approach to building protection systems with an effective recognition model using algorithmic quantum computing in proctoring platforms. This study addresses these issues and proposes a novel approach to generating a random cryptographic key using multimodal biometric technology. A presented quantum algorithm method for computer simulation of the data processing quantum principles allows studying and analysing how the created model for transforming a classical image into a quantum state works. This method also shows the possibilities of quantum information theory in interpreting classical problems or how to optimise the same, taking into account the development of methods for the functioning of models and algorithms for quantum computing, data protection and security of online video communications in a proctoring system in an educational environment. The novelty of this research is expressed primarily in the constant updating and addition of authentication systems using quantum computing in various aspects, including the proctoring system in the educational environment. The practical significance is due to the need in the current situation to attract attention to existing problems in structuring the infrastructure of a monitoring system within planning and coordinating the protection, thereby enhancing learning outcomes by eliminating security flaws using a quantum computing algorithm for pattern recognition.

**Keywords:** quantum algorithm, qubit, entanglement, facial recognition technology, proctoring, educational environment.

## References

- Tajane, K., Gomsale, A., Gomsale, A., Yadav, A., Walzade, S. (2023). Online Exam Proctoring System. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3 (1), 202–207. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-9027>
- Ganar, E. S., Mohammad, S., Zohair, K., Shaikh, R. (2023). Online Exam Proctoring System. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3 (5), 138–142. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-9334>
- Felsingher, D. N., Halloluwa, T., Fonseka, C. L. I. (2023). Experiences of conducting online exam proctoring in low-resource settings: a Sri Lankan case study. *Information Technologies and Learning Tools*, 93 (1), 163–177. <https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.5094>
- Sharma, P. (2023). Proctoring and Monitoring-Based Examination System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11 (6), 73–79. <https://doi.org/10.22214/ijrasnet.2023.51899>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Kitchenham, B., Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, 55 (12), 2049–2075. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- Barrio, F. (2022). Legal and Pedagogical Issues with Online Exam Proctoring. *European Journal of Law and Technology*, 13 (1). Available at: <https://ejlt.org/index.php/ejlt/article/view/886>
- Baso, Y. S. (2022). Proctoring and Non-proctoring Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13 (6). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130610>
- Hussein, M. J., Yusuf, J., Deb, A. S., Fong, L., Naidu, S. (2020). An Evaluation of Online Proctoring Tools. *Open Praxis*, 12 (4), 509. <https://doi.org/10.5944/openpraxis.12.4.1113>
- Alessio, H. M., Malay, N. J., Maurer, K., Bailer, A. J., Rubin, B. (2017). Examining the Effect of Proctoring on Online Test Scores. *Online Learning*, 21 (1). <https://doi.org/10.24059/olj.v21i1.885>
- Kolski, T., Weible, J. L. (2019). Do Community College Students Demonstrate Different Behaviors from Four-Year University Students on Virtual Proctored Exams? *Community College Journal of Research and Practice*, 43 (10-11), 690–701. <https://doi.org/10.1080/10668926.2019.1600615>
- Conijn, R., Kleingeld, A., Matzat, U., Snijders, C. (2022). The fear of big brother: The potential negative side-effects of proctored exams. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38 (6), 1521–1534. <https://doi.org/10.1111/jcal.12651>
- Han, S., Nikou, S., Yilma Ayele, W. (2023). Digital proctoring in higher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Management*, 38 (1), 265–285. <https://doi.org/10.1108/ijem-12-2022-0522>
- Nurpeisova, A., Shaushenova, A., Mutalova, Z., Ongarbayeva, M., Niyazbekova, S., Bekenova, A. et al. (2023). Research on the Development of a Proctoring System for Conducting Online Exams in Kazakhstan. *Computation*, 11 (6), 120. <https://doi.org/10.3390/computation11060120>
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., Arinez, J. (2021). Biometric applications in education. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 15 (2-3), 365–380. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00760-6>
- A model of training in information security technologies in the context of globalization (2022). Certificate of entry of information into the State register of rights to objects protected by copyright of the Republic of Kazakhstan, No. 29025.
- Deutsch, D. (1985). Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, 400 (1818), 97–117. <https://doi.org/10.1098/rspa.1985.0070>
- Nielsen, M. A., Chuang, I. L. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511976667>
- Shor, P. W. (1994). Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring. *Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*. <https://doi.org/10.1109/sfcs.1994.365700>
- Easttom, W. (2021). *Quantum Computing and Cryptography*. *Modern Cryptography*, 385–390. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63115-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63115-4_19)
- Bennett, C. H. (1992). Quantum cryptography using any two non-orthogonal states. *Physical Review Letters*, 68 (21), 3121–3124. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.68.3121>

22. Bennink, R. S., Bentley, S. J., Boyd, R. W., Howell, J. C. (2004). Quantum and Classical Coincidence Imaging. *Physical Review Letters*, 92 (3). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.92.033601>
23. Al-Khalid, R. I., Al-Dallah, R. A., Al-Anani, A. M., Barham, R. M., Hajir, S. I. (2017). A Secure Visual Cryptography Scheme Using Private Key with Invariant Share Sizes. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10 (01), 1–10. <https://doi.org/10.4236/jsea.2017.101001>
24. Cao, Y., Li, J., Chakraborty, C., Qin, L., Tao, L., Shao, X. (2023). Temporal Segment Neural Networks-Enabled Dynamic Hand-Gesture Recognition for Industrial Cyber-Physical Authentication Systems. *IEEE Systems Journal*, 17 (4), 5315–5326. <https://doi.org/10.1109/jsyst.2023.3306380>
25. Li, M., Yang, X., Zhu, H., Wang, F., Li, Q. (2020). Efficient and privacy-preserving online face authentication scheme. *Tongxin Xuebao Journal on Communications*, 41 (5), 205–214. <https://doi.org/10.11959/j.issn.1000-436x.2020087>
26. Zhang, X., Gonnot, T., Saniie, J. (2017). Real-Time Face Detection and Recognition in Complex Background. *Journal of Signal and Information Processing*, 08 (02), 99–112. <https://doi.org/10.4236/jsip.2017.82007>
27. Easttom, C., Ibrahim, A., Chefranov, A., Alsmadi, I., Hansen, R. (2020). Towards A Deeper NTRU Analysis: A Multi Modal Analysis. *International Journal on Cryptography and Information Security*, 10 (2), 11–22. <https://doi.org/10.5121/ijcis.2020.10202>
28. Shaller, A., Zamir, L., Nojournian, M. (2023). Roadmap of post-quantum cryptography standardization: Side-channel attacks and countermeasures. *Information and Computation*, 295, 105112. <https://doi.org/10.1016/j.ic.2023.105112>
29. ISO/IEC 19989-2:2020. Information security – Criteria and methodology for security evaluation of biometric systems. Part 2: Biometric recognition performance. Available at: <https://www.iso.org/standard/72403.html>
30. Kim, B. G., Wong, D., Yang, Y. S. (2023). Quantum-Secure Hybrid Blockchain System for DID-Based Verifiable Random Function with NTRU Linkable Ring Signature. *International Journal on Cryptography and Information Security*, 13 (4), 01–25. <https://doi.org/10.5121/ijcis.2023.13401>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306973**  
**DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR**  
**COMPRESSING AEROSPACE IMAGES FOR THE**  
**SUBSEQUENT RECOGNITION AND IDENTIFICATION**  
**OF VARIOUS OBJECTS (p. 83–94)**

**Assiya Sarinova**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4254-376X>

**Alexandr Neftissov**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4079-2025>

**Leyla Rzayeva**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3382-4685>

**Alimzhan Yessenov**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-8997-3926>

**Lalita Kirichenko**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7069-5395>

**Ilyas Kazambayev**

Astana IT University, Business center EXPO, block C1,  
 Astana, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0850-7490>

The object of study is the recognition and identification of various objects in aerospace images. To solve the problems of compressing hyperspectral aerospace images with losses, the development of a compression algorithm is proposed. As a result, an algorithm has been developed for compressing aerospace images for subsequent recognition and identification of various objects using wavelet transform for processing high- and medium-resolution space images when monitoring from remote sensing satellites, based on the use of structural features of object images. In particular, orthogonal and wavelet transforms are presented, adapted for compression of hyperspectral aerospace images with losses, an adaptive discrete cosine transform algorithm is presented, followed by quantization with a loss level and compression. Thanks to a series of experiments on hyperspectral aerospace images, the effectiveness of the proposed algorithm in terms of the degree of compression, as well as the characteristics of the limits of its applicability, can be highlighted. The use of wavelets provides progressive compression of the bitstream, which makes it possible to achieve lossless compression with minimal loss of information due to the modified Huffman algorithm with a compression ratio of 9 more than 2.5 times in existing algorithms, as well as the quality metric of the restored images, the peak signal-to-noise ratio is sufficiently below 32.56.

The developed compression algorithm demonstrates the effectiveness of its application in terms of a set of characteristics and is superior to analogues. The scope and conditions for the practical use of the results obtained is a comparison of the proposed algorithm with the results of experiments obtained for universal compression algorithms for archivers and a compressor.

**Keywords:** wavelet transform, Haar wavelet function, compression, hyperspectral aerospace images, compression algorithm, remote sensing.

#### References

1. Mallat, S. (1999). *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-466606-1.x5000-4>
2. Salomon, D. (2007). *Data compression: The complete reference*. Springer, 1092.
3. Ceamanos, X., Valero, S. (2016). Processing Hyperspectral Images. *Optical Remote Sensing of Land Surface*, 163–200. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78548-102-4.50004-1>
4. Xue, J., Zhao, Y., Liao, W., Chan, J. C.-W. (2019). Hyper-Laplacian regularized nonlocal low-rank matrix recovery for hyperspectral image compressive sensing reconstruction. *Information Sciences*, 501, 406–420. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.06.012>
5. Prabhakar, T. V. N., Geetha, P. (2017). Two-dimensional empirical wavelet transform based supervised hyperspectral image classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 133, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.09.003>
6. Pranitha, K., Kavya, G. (2023). An efficient image compression architecture based on optimized 9/7 wavelet transform with hybrid post processing and entropy encoder module. *Microproces-*

- sors and Microsystems, 98, 104821. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2023.104821>
7. Shi, C., Zhang, J., Zhang, Y. (2016). Content-based onboard compression for remote sensing images. *Neurocomputing*, 191, 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.01.048>
  8. Puri, A., Sharifahmadian, E., Latifi, S. (2014). A Comparison of Hyperspectral Image Compression Methods. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 6 (6), 493–500. <https://doi.org/10.17706/ijcee.2014.v6.867>
  9. Lin, H.-C., Hwang, Y.-T. (2011). Lossless Compression of Hyperspectral Images Using Adaptive Prediction and Backward Search Schemes. *Journal of Information Science and Engineering*, 27, 419–435. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/220588090\\_Lossless\\_Compression\\_of\\_Hyperspectral\\_Images\\_Using\\_Adaptive\\_Prediction\\_and\\_Backward\\_Search\\_Schemes](https://www.researchgate.net/publication/220588090_Lossless_Compression_of_Hyperspectral_Images_Using_Adaptive_Prediction_and_Backward_Search_Schemes)
  10. Mora Pascual, J., Mora Mora, H., Fuster Guilló, A., Azorín López, J. (2015). Adjustable compression method for still JPEG images. *Signal Processing: Image Communication*, 32, 16–32. <https://doi.org/10.1016/j.image.2015.01.004>
  11. KazEOSat-1. Available at: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/kazeosat-1>
  12. Nian, Y., He, M., Wan, J. (2015). Lossless and near-lossless compression of hyperspectral images based on distributed source coding. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 28, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2014.06.008>
  13. Cheng, K., Dill, J. (2013). Hyperspectral images lossless compression using the 3D binary EZW algorithm. *Image Processing: Algorithms and Systems XI*. <https://doi.org/10.1117/12.2002820>
  14. Li, C., Guo, K. (2014). Lossless Compression of Hyperspectral Images Using Three-Stage Prediction with Adaptive Search Threshold. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 7 (3), 305–316. <https://doi.org/10.14257/ijcip.2014.7.3.25>
  15. Gashnikov, M., Glumov, N. (2016). Onboard processing of hyperspectral data in the remote sensing systems based on hierarchical compression. *Computer Optics*, 40 (4), 543–551. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2016-40-4-543-551>
  16. Gashnikov, M. (2017). Minimizing the entropy of post-interpolation residuals for image compression based on hierarchical grid interpolation. *Computer Optics*, 41 (2), 266–275. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2017-41-2-266-275>
  17. Sarinova, A., Zamyatin, A., Cabral, P. (2015). Lossless compression of hyperspectral images with pre-byte processing and intra-bands correlation. *DYNA*, 82 (190), 166–172. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.43723>
  18. Zamjatin, A. V., Sarinova, A. Zh. (2017). Algorithm for compressing hyperspectral aerospace images using mathematical processing and taking into account interband correlation. *Materials of the IV International Scientific Conference “Regional Problems of Earth Remote Sensing”*, 157–160.
  19. Dubey, V. A., Dubey, R. (2013). A New Set Partitioning in Hierarchical (SPIHT) Algorithm and Analysis with Wavelet Filters. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 3 (3), 125–128. Available at: <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v3i3/C1132083313.pdf>
  20. Kiely, A., Klimesh, M., Xie, H., Aranki, N. (2006). ICER-3D: A Progressive Wavelet-Based Compressor for Hyperspectral Images. *The Interplanetary Network Progress Report*.
  21. Sindhuja, N. M., Arumugam, A. S. (2013). SPIHT based compression of hyper spectral images. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2 (10), 4933–4938. Available at: <https://www.ijareeie.com/upload/2013/october/26SPIHT.pdf>
  22. Penna, B., Tillo, T., Magli, E., Olmo, G. (2006). Progressive 3-D Coding of Hyperspectral Images Based on JPEG 2000. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3 (1), 125–129. <https://doi.org/10.1109/lgrs.2005.859942>
  23. Sujithra, D. S., Manickam, T., Sudheer, D. S. (2013). Compression of hyperspectral image using discrete wavelet transform and Walsh Hadamard transform. *International journal of advanced research in electronics and communication engineering (IJARECE)*, 2 (3), 314–319.
  24. Pizzolante, R., Carpentieri, B. (2013). On the Compression of Hyperspectral Data. *IT CoNvergence PRactice (INPRA)*, 1 (4), 24–38. Available at: <https://isyou.info/inpra/papers/inpra-v1n4-02.pdf>
  25. Christophe, E. (2011). Hyperspectral Data Compression Tradeoff. *Optical Remote Sensing*, 9–29. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14212-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14212-3_2)

## АНОТАЦІЇ

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306516

**РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ОРІЄНТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА МАШИНО- ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ (с. 6–19)****І. Ю. Черепанська, А. Ю. Сазонов, П. П. Мельничук, Д. П. Мельничук, С. В. Кальчук, В. А. Прядко, В. А. Яновський**

Розроблено інформаційно-комп'ютерну систему для автоматизованого моделювання систем автоматичного орієнтування об'єктів виробництва, що є однією із найважливіших та найскладніших твірних гнучких виробничих систем машино- та приладобудування. Запропонована інформаційно-комп'ютерна система для автоматизованого моделювання систем автоматичного орієнтування об'єктів виробництва є ефективним інструментарієм вирішення важливого завдання науково-прикладного характеру. Її використання дозволяє підвищити швидкість та ефективність обробки інформації та прийняття правильних і обґрунтованих рішень при визначенні складу та способу організації систем автоматичного орієнтування об'єктів виробництва. Структура даної інформаційно-комп'ютерної системи являє собою специфічний комплекс програмно-апаратних та інформаційно-телекомунікаційних засобів і інтерактивних функціональних модулів. Ця структура відтворює певну парадигму, що обумовлює цілісність та інтеграцію інформаційно-комп'ютерної системи для автоматизованого моделювання систем автоматичного орієнтування об'єктів виробництва у гнучкі виробничі системи. Крім того забезпечується уніфікованість, розширюваність, можливість модернізації та змінюваності програмних компонентів, захист інформації від несанкціонованого доступу та збереження комерційної таємниці за міжнародними критеріями оцінки захисту комп'ютерної системи. Для автоматичної ідентифікації об'єктів виробництва та пристроїв орієнтування, які є складовими систем автоматичного орієнтування об'єктів виробництва, реалізовано нейро-fuzzy мережеву обробку інформації та алгоритми комп'ютерного зору. Розроблена інформаційно-комп'ютерна система обробляє інформацію в режимі реального часу з високою точністю та швидкодією.

**Ключові слова:** інформаційно-комп'ютерна система, автоматичне орієнтування, технологічна підготовка виробництва, підтримка прийняття рішень.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303526

**ПОРІВНЯННЯ РІШЕНЬ ЗАДАЧІ РАННЬОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНФІГУРАЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІТ-ПРОДУКТА МЕТОДАМИ ІЄАРХІЧНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ (с. 20–33)****М. В. Євланов, Н. В. Васильцова, І. Ю. Панфьорова, Б. І. Мороз, А. А. Мартиненко, Д. М. Мороз**

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

Під час дослідження вирішувалася проблема ранньої ідентифікації конфігураційних елементів (СІ) інформаційної системи (ІС) управління підприємством. Дослідження в цій галузі спрямовані, в основному, на вирішення задачі ранньої ідентифікації сервісів та мікросервісів під час рефакторингу програмних систем. Питання застосування методів штучного інтелекту для виявлення СІ досліджені недостатньо.

Під час дослідження метод ієрархічної кластеризації Chameleon було адаптовано для вирішення задачі ранньої ідентифікації СІ ІС. Даний метод враховує як внутрішню схожість, так і зв'язність окремих функцій досліджуваної ІС.

Адаптований метод Chameleon було використано під час вирішення задачі ранньої ідентифікації СІ функціональної задачі «Формування і ведення індивідуального плану науково-педагогічного працівника кафедри». Як вихідні СІ було розглянуто 10 функцій та 12 сутей бази даних задачі. Результатом рішення є дендрограма з усіма можливими варіантами декомпозиції опису архітектури задачі на окремі СІ.

На основі отриманих результатів проведено порівняльний аналіз використання методів Chameleon, DIANA та AGNES для вирішення задачі ранньої ідентифікації. За критеріями «Кількість вершин дендрограми», «Кількість рівнів декомпозиції дендрограми» та «Рівномірність заповнення елементів дендрограми» найкращими є результати використання методу Chameleon.

Використання отриманих результатів дослідження дозволяє автоматизувати процедуру формування беклогів команд виконавців ІТ-проекту створення ІС. Це дозволяє підвищити якість розробки ІС за рахунок призначення СІ, що містить схожі функції, одному й тому ж виконавцю ІТ-проекту.

**Ключові слова:** інформаційна система, конфігураційний елемент, ієрархічна кластеризація, метод Chameleon, відстань Чебишова.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304048

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ СПІВСТАВЛЕННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ КОРИСТУВАЧА З МОВНОЮ МОДЕЛЮ ЧАТ-БОТА (с. 34–41)****О. О. Кряжич, О. В. Васенко, Л. М. Ісак, І. С. Гаврилов, Є. С. Грень**

Об'єктом дослідження роботи виступають лінгвістичні конструкції користувача при побудові запиту до чат-бота з породжувальним штучним інтелектом. В роботі вирішувалася проблема вдосконалення алгоритмів комунікаційного посередництва чат-ботів через моделі співставлення лінгвістичних конструкцій користувачів. Іноді користувач навмисно чи через брак інформації формує неточний запит. Формалізовано це описується логічними операціями «І» та «І або Ні».

В результаті дослідження була побудована модель співставлення лінгвістичних конструкцій на вході з інформаційною моделлю відповіді на виході. В основу моделі був покладений підхід з рекурсійним створенням відповіді. Це дозволило визначати базові характеристики щодо об'єкту запиту і на цій основі формувати відповідь. Використання зазначеного підходу покращило точність

формування відповіді від чат-бота. Також це дозволило розглянути лінгвістичну конструкцію користувача через її формалізацію. Використання алгебри логіки дозволило знайти типові помилки користувачів при діалогах з породжувальним штучним інтелектом.

Особливістю розробки є те, що порівняння моделей лінгвістичних конструкцій формування запиту проводиться через рекурентний алгоритм. У підсумку це дозволяє провести співставлення запиту таким чином, щоб зменшити величину абсолютної похибки первинних даних на 0,02 % та спростити процес математичних розрахунків. При цьому отримана інформація стає більш точною – кількість посилань збільшується від 2 до 6 джерел.

Запропоноване може бути використане у практичній діяльності для вдосконалення технологій розпізнавання природної мови користувачів у чат-ботах з породжувальним штучним інтелектом. На цій основі можлива розробка різноманітних додатків та сервісів для навчання і практичної діяльності.

**Ключові слова:** породжувальний штучний інтелект, рекурентний алгоритм, формалізація запиту користувача, базова послідовність.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298991**

### **РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ВИЛУЧЕННЯ ДАНИХ ЛЯМБДА-ТЕРМІВ (с. 42–54)**

**О. А. Дейнега, В. В. Донець, Г. М. Жолткевич**

Об'єктом дослідження є процес вилучення характеристик лямбда-термів, що вказують на оптимальність стратегії редукції та підвищення продуктивності компіляторів та інтерпретаторів. Розглядалось вирішення проблеми екстракції специфічних даних пріоритету стратегії з лямбда термів з використанням методів машинного навчання.

Екстракція таких даних проводилась шляхом застосування великої мовної моделі Microsoft CodeBERT, що була навчена на вирішення задач підсумовування програмного коду. Отримані матриці ембедінгів були використані для отримання векторів середніх ембедінгів розміру 768 та латентного простору розміром 8 тис. Далі використані вектори середніх ембедінгів для проведення кластерного аналізу за допомогою методів DBSCAN та Hierarchical Agglomerative кластеризації. Були визначені найбільш інформативні змінні, що вплинули на кластеризацію. Далі результати кластеризації були порівняні з пріоритетами стратегії редукції, що показало неможливість відділити терми з RI пріоритетом. Особливістю отримуваних результатів є використання машинного навчання в якості інструменту для отримання знань.

Результати кластеризації показали багато однакових інформативних змінних, що пояснюється схожою формою отримуваних кластерів. Результати порівняння значень кластеризації із реальним пріоритетом пояснюються неможливістю чіткого визначення пріоритету, та застосуванням моделі Microsoft CodeBERT, що не була навчена під аналіз лямбда термів.

Запропонований підхід може знайти застосування у розробці компіляторів та інтерпретаторів функціональних мов програмування, дозволяючи аналізувати код і вилучати важливі дані для оптимізації виконання програм. Отримані дані можуть бути використані для розробки правил, спрямованих на підвищення ефективності компіляції та інтерпретації.

**Ключові слова:** функціональне програмування, лямбда числення, велика мовна модель, методи неінформованого навчання.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305116**

### **РОЗРОБКА МОДЕЛІ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗВИЧОК КОРИСТУВАЧІВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ (с. 55–61)**

**Antoni, Mahrani Arfah, Ferry Fachrizal, Okvi Nugroho**

Об'єктом дослідження є звички користувачів соціальних мереж. Проблема дослідження полягає в тому, що на платформах соціальних мереж існує велика кількість даних – від даних зображень, текстових даних до аудіоданих, що ускладнює визначення моделей поведінки, певних інтересів та звичок користувачів. У дослідженні вивчалися розрізнені текстові дані, оскільки текстові дані не були ретельно проаналізовані з точки зору структури слів, що приховує багато інформації та ускладнює проведення аналізу для визначення шаблонів та поведінки користувачів у соціальних мережах. Результати, отримані в даному дослідженні, представлені у вигляді аналізу та моделей, що дозволяють визначити моделі поведінки користувачів у соціальних мережах за допомогою асоціативних правил та методів машинного навчання. При застосуванні методу асоціації використовується апріорний алгоритм, який у процесі розбиває всі текстові дані на набори елементів для визначення звичок користувачів соціальних мереж, а в процесі машинного навчання відбувається процес формування моделі для порівняння результатів. Процес визначення звичок користувачів складається з декількох етапів, таких як очищення даних, зміна неструктурованих даних на структуровані та етап асоціативних правил за допомогою апріорного алгоритму, що застосовується до даних соціальних мереж для визначення взаємозв'язку між словами. Після цього застосовується машинне навчання, що дозволяє провести порівняння та визначити взаємозв'язки між словами. Це нове дослідження зі створення моделі для визначення поведінки користувачів за допомогою асоціативних правил та машинного навчання, яка може бути використана для відображення позитивної, негативної або нейтральної поведінки користувачів.

**Ключові слова:** звички, поведінка, текстові дані, асоціації, машинне навчання, соціальні мережі.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306726**

### **ВИКОРИСТАННЯ РЕЛЯЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХЕШТЕГІВ У МАЙБУТНІХ ТЕМАХ ТА ВІДНОСИН З КОРИСТУВАЧАМИ В X (с. 62–68)**

**Ahmad Rahmatika, Al-khowarizmi, Akrim, Okvi Nugroho, Tri Andre Anu**

Об'єктом дослідження є реляційне навчання з підходом математичного моделювання на основі графових запитів для вивчення майбутніх тем і взаємовідносин користувачів. Проблема в цьому дослідженні полягає у великій і різноманітній кількості твітів, які створюються щодня, де кожне використання хештегів завжди збільшується, що впливає на накопичення даних, які необхідно обробити для отримання інформації, оскільки користувачі соціальних мереж X можуть взаємодіяти, щоб впливати на тенденції, щоб вирішити проблему. Це ви-

має застосування реляційного навчання з використанням математичних моделей графових запитів. Результати, отримані в результаті цього дослідження, представлені у формі моделі, яка може створювати прогнози щодо майбутніх тем і бачити стосунки користувачів на основі взаємодії в соціальних мережах із стосунками між об'єктами у взаємопов'язаних вузлах. При застосуванні реляційного навчання з математичними моделями з використанням графових запитів відбуватиметься процес дослідження зв'язків між сутностями, вмістом і комунікаційними взаємодіями відповідно до визначень і теорем, які були описані для спостереження за кожним вузлом. У реляційному навчанні буде кожен вузол відповідно до використовуваної сутності, потім математична модель із запитом на графі з'єднає всі сутності, щоб сформулювати граф, який можна використовувати як модель для прогнозування майбутніх тем і відносин між користувачами. Це дослідження є новизною у застосуванні графових запитів до математичних моделей для прогнозування майбутніх тем і застосування реляційного навчання до взаємовідносин користувачів, щоб воно могло збільшити інформацію, пов'язану з комунікацією в майбутньому.

**Ключові слова:** взаємовідносини з користувачами, майбутні теми, математичні моделі, графові запити, реляційне навчання.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306968**

### **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КВАНТОВОГО ОБЧИСЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ (с. 69–82)**

**Galiya Yesmagambetova, Alimbubi Aktayeva, Akky Kubigenova, Aigerim Ismukanova, Tatyana Fomichyova, Seilkhan Zhartanov, Aidyn Daurenova**

Розглядається впровадження системи онлайн контролю з можливістю використання методів і моделей розпізнавання образів з використанням алгоритмічних квантових обчислень для проведення онлайн іспитів. Об'єктом дослідження є метод захисту в системі захисту інфраструктури в освіті. Дослідження спрямоване на створення системи безпеки для захисту технологічної інфраструктури в освіті. У статті запропоновано альтернативний підхід до побудови систем захисту з ефективною моделлю розпізнавання з використанням алгоритмічних квантових обчислень у прокторингових платформах. У цьому дослідженні розглядаються ці проблеми та пропонується новий підхід до генерації випадкового криптографічного ключа за допомогою мультимодальної біометричної технології. Представлений метод квантового алгоритму для комп'ютерного моделювання квантових принципів обробки даних дозволяє вивчити та проаналізувати, як працює створена модель перетворення класичного зображення у квантовий стан. Цей метод також показує можливості квантової теорії інформації в інтерпретації класичних проблем або як їх оптимізувати, беручи до уваги розробку методів функціонування моделей і алгоритмів для квантових обчислень, захисту даних і безпеки онлайн-відеозмов у прокторингу системи в освітньому середовищі. Особливість отриманих результатів виражається, насамперед, у постійному оновленні та доповненні систем аутентифікації з використанням квантових обчислень у різних аспектах, включаючи систему прокторингу в освітньому середовищі. Практична значущість обумовлена необхідністю в поточній ситуації привернути увагу до існуючих проблем у структуруванні інфраструктури системи моніторингу в рамках планування та координації захисту, тим самим покращуючи результати навчання шляхом усунення недоліків безпеки за допомогою квантового обчислювального алгоритму для розпізнавання образів.

**Ключові слова:** квантовий алгоритм, кубіт, запутаність, технологія розпізнавання обличчя, прокторинг, освітнє середовище.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306973**

### **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ РІЗНИХ ОБ'ЄКТІВ (с. 83–94)**

**Assiya Sarinova, Alexandr Neftissov, Leyla Rzayeva, Alimzhan Yessenov, Lalita Kirichenko, Ilyas Kazambayev**

Об'єктом дослідження є розпізнавання та ідентифікація різних об'єктів на аерокосмічних знімках. Для вирішення задач стиснення гіперспектральних аерокосмічних зображень з втратами пропонується розробка алгоритму стиснення. В результаті був розроблений алгоритм стиснення аерокосмічних зображень для подальшого розпізнавання та ідентифікації різних об'єктів з використанням вейвлет-перетворення для обробки космічних знімків високого і середнього дозволу при моніторингу з супутників дистанційного зондування Землі, заснований на використанні структурних особливостей зображень об'єктів. Зокрема, представлені ортогональне і вейвлет-перетворення, адаптовані для стиснення гіперспектральних аерокосмічних зображень з втратами, представлений адаптивний алгоритм дискретного косинусного перетворення з подальшим квантуванням з рівнем втрат і стисненням. Завдяки серії експериментів на гіперспектральних аерокосмічних знімках можна виділити ефективність запропонованого алгоритму з точки зору ступеня стиснення, а також характеристики меж його застосовності. Використання вейвлетів забезпечує прогресивне стиснення бітового потоку, що дозволяє досягти стиснення без втрат з мінімальною втратою інформації за рахунок модифікованого алгоритму Хаффмана зі ступенем стиснення 9, більш ніж в 2,5 рази в порівнянні з існуючими алгоритмами, а за показником якості відновлених зображень пікове відношення сигнал/шум істотно нижче 32,56.

Розроблений алгоритм стиснення демонструє ефективність свого застосування по набору характеристик і перевершує аналоги. Областю застосування та умовами практичного використання отриманих результатів є порівняння запропонованого алгоритму з результатами експериментів, отриманими для універсальних алгоритмів стиснення для архіваторів і компресора.

**Ключові слова:** вейвлет-перетворення, вейвлет-функція Хаара, стиснення, гіперспектральні аерокосмічні зображення, алгоритм стиснення, дистанційне зондування.