

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233655
DEVELOPMENT OF THE SET MODELS AND A
METHOD TO FORM INFORMATION SPACES
OF SCIENTIFIC ACTIVITY SUBJECTS FOR THE
STEADY DEVELOPMENT OF HIGHER EDUCATION
ESTABLISHMENTS (p. 6–14)

Andrii Biloshchytskyi

Astana IT University, EXPO Business Center, Block C.1,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

Alexander Kuchansky

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1277-8031>

Yurii Andrashko

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2306-8377>

Serik Omirbayev

Astana IT University, EXPO Business Center, Block C.1,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7643-3513>

Aidos Mukhatayev

Astana IT University, EXPO Business Center, Block C.1,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8667-3200>

Adil Faizullin

Astana IT University, EXPO Business Center, Block C.1,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5644-9841>

Sapar Toxanov

D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-
 Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan
 Astana IT University, EXPO Business Center, Block C.1,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-9619>

This paper describes the basic conceptual apparatus required to form information spaces for scientific activity subjects. Set models have been built to identify collective and individual scientific activity subjects, including information on the subjects' publication citations, their abstracts, as well as their indicators in scientometric databases, etc. A conceptual scheme of interaction between collective and individual scientific activity subjects has been described, taking into consideration the dynamics of their productivity.

A method has been proposed to form the information spaces for the collective and individual scientific activity subjects such as higher education establishments and scientists. The method involves a series of stages to identify and construct citation and scientific cooperation networks, to form subject scientific spaces, and, based on them, to devise methods in order to quantify productivity. The results of methods application form the components of the relevant information spaces of scientific activity subjects. The spaces to be built could be used to solve the task of selecting subjects for the implementation of joint scientific and educational projects. In addition, these spaces could be applied to form the organizational and

functional framework of the collective scientific activity subjects, including their structural units, which would contribute to ensuring their stable development.

Creating the information spaces of scientific activity subjects underlies resolving those issues that would stimulate investment in research and innovation, strengthen cooperation between universities, improve the efficiency and productivity of the scientific enterprise. It has been confirmed experimentally that the potential of a collective subject of scientific activity, including individual subjects, the rate of change of identifiers of whom is positive, would have a non-negative potential. A rate of change in the normalized indicators of identifiers of individual and collective scientific activity subjects has been calculated for the period from January 2019 to December 2020 for three higher education establishments.

Keywords: information space, scientific activity subject, higher education establishment, set model.

References

1. Communication from the commission to the council, the european parliament, the economic and social committee and the committee of the regions. Towards a European research area (2000). Commission of the European Communities. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0006:FIN:EN:PDF>
2. European research area (ERA). Available at: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/era_en
3. Glänzel, W. (2012). Bibliometric methods for detecting and analysing emerging research topics. *El Profesional de La Informacion*, 21 (2), 194–201. doi: <https://doi.org/10.3145/epi.2012.mar.11>
4. Egghe, L., Rousseau, R. (1993). Evolution of information production processes and its relation to the Lorenz dominance order. *Information Processing & Management*, 29 (4), 499–513. doi: [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(93\)90045-f](https://doi.org/10.1016/0306-4573(93)90045-f)
5. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2020). The use of probabilistic latent semantic analysis to identify scientific subject spaces and to evaluate the completeness of covering the results of dissertation studies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (106)), 21–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209886>
6. Kremen, V., Bykov, V. (2013). Category “space” and “environment”: features model submissions and educational application. *Teoriya i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy*, 2, 3–16.
7. Otte, E., Rousseau, R. (2002). Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science*, 28 (6), 441–453. doi: <https://doi.org/10.1177/016555150202800601>
8. Barabási, A. L., Jeong, H., Néda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 311 (3–4), 590–614. doi: [https://doi.org/10.1016/s0378-4371\(02\)00736-7](https://doi.org/10.1016/s0378-4371(02)00736-7)
9. Hou, H., Kretschmer, H., Liu, Z. (2008). The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, 75 (2), 189–202. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1771-3>
10. Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (2), 404–409. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.404>
11. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Yu., Biloshchytska, S., (2020). Use of the link ranking method to evaluate scientific activities of scientific space subjects. *Scientific Journal of Astana IT University*, 1, 12–20. doi: <https://doi.org/10.37943/aitu.2020.1.63600>

12. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Yu., Biloshchytska, S., Kuzka, O., Shabala, Ye., Lyashchenko, T. (2017). A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (87)), 4–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112323>
13. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2019). Improvement of the method for scientific publications clustering based on n-gram analysis and fuzzy method for selecting research partners. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (100)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175139>
14. Kuchansky, A., Andrashko, Yu., Biloshchytskyi, A., Danchenko, E., Ilarionov, O., Vatskel, I., Honcharenko, T. (2018). The method for evaluation of educational environment subjects' performance based on the calculation of volumes of m-simplexes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (92)), 15–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126287>
15. Hnatiienko, H., Snytyuk, V., Tmienova, N., Voloshyn, O. (2020). Determining the effectiveness of scientific research of universities staff. *CEUR Workshop Proceedings*, 2833, 164–176. Available at: http://ceur-ws.org/Vol-2833/Paper_15.pdf
16. Bykov, V. Yu., Spirin, O. M., Soroko, N. V. (2015). Elektronni bibliometrychni systemy yak zasib informatsiyno-analitychnoi pidtrymky naukovo-pedahohichnykh doslidzhen. *Informatsiyno-komunikatsiyni tekhnolohiyi v suchasniy osviti: dosvid, problemy, perspektyvy*, 1, 91–100.
17. Garcez, M. P., Sbragia, R., Kruglianskas, I. (2014). Factors for selecting partners in innovation projects – qualitative evidences from non-equity bilateral alliances in the Brazilian petrochemical leader. *Review of Administration and Innovation - RAI*, 11 (2), 241. doi: <https://doi.org/10.5773/rai.v11i2.1292>
18. Feng, W. D., Chen, J., Zhao, C. J. (2000). Partners selection process and optimization model for virtual corporations based on genetic algorithms. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 40, 120–124.
19. Lukianov, D., Bepanskaya-Paulenka, K., Gogunskii, V., Kolesnikov, O., Moskaliuk, A., Dmitrenko, K. (2017). Development of the markov model of a project as a system of role communications in a team. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (87)), 21–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103231>
20. Korzh, R., Peleshchyn, A., Syerov, Y., Fedushko, S. (2016). University's Information Image as a Result of University Web Communities' Activities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 115–127. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45991-2_8
21. Kolomiets, A., Morozov, V. (2021). Investigation of Optimization Models in Decisions Making on Integration of Innovative Projects. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*, 51–64. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_4
22. Morozov V., Kalnichenko O., Mezentseva, O. (2020). The method of interaction modeling on basis of deep learning the neural networks in complex IT-projects. *International Journal of Computing*, 19 (1), 88–96. doi: <https://doi.org/10.47839/ijc.19.1.1697>
23. Fruchterman, T. M. J., Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and Experience*, 21 (11), 1129–1164. doi: <https://doi.org/10.1002/spe.4380211102>
24. Hu, Y. (2005). Efficient, high-quality force-directed graph drawing. *The Mathematica Journal*, 10 (1), 37–71. Available at: <http://asus.myds.me:6543/paper/ktall/37%20-%201984%20-%20Efficient,%20High-Quality%20Force-Directed%20Graph%20Drawing.pdf>
25. Huang, Q., Feng, J., Zhang, Y., Fang, Q., Ng, W. (2015). Query-aware locality-sensitive hashing for approximate nearest neighbor search. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 9 (1), 1–12. doi: <https://doi.org/10.14778/2850469.2850470>
26. Altszyler, E., Ribeiro, S., Sigman, M., Fernandez Slezak, D. (2017). The interpretation of dream meaning: Resolving ambiguity using Latent Semantic Analysis in a small corpus of text. *Consciousness and Cognition*, 56, 178–187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.09.004>
27. Tymchenko, D., Korogod, N., Novorodovska, T. (2020). Technology transfer office model. *Scientific Journal of Astana IT University*, 3, 83–90. doi: <https://doi.org/10.37943/aitu.2020.73.19.008>
28. Kropachev, P., Imanov, M., Borisevich, Y., Dhomane, I. (2020). Information technologies and the future of education in the Republic of Kazakhstan. *Scientific Journal of Astana IT University*, 1, 30–38. doi: <https://doi.org/10.37943/aitu.2020.1.63639>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234729
BUILDING A MODEL OF THE INTEGRITY
OF INFORMATION RESOURCES WITHIN AN
ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEM (p. 15–23)

Gulmira Ospanova

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk,
 Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1678-2388>

Evgeniya Kukhareenko

Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk,
 Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-2119>

Maksym Ievlanov

Kharkiv National University of Radio Electronics,
 Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

Iryna Panforova

Kharkiv National University of Radio Electronics,
 Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7032-9109>

In addressing the integrity of documents in modern information systems, the focus is on protecting them from unauthorized user changes. At the same time, the solution to the problem of ensuring the preservation of the composition, content, and interaction of documents has almost not been considered. However, such a task often has to be solved during the operation of information systems, as well as enterprise management systems handling unstable business processes.

To address this issue, an approach has been proposed to unify solutions to the task related to the integrity of paper-based documents circulating within an enterprise management system, as well as electronic documents and stored information system data. The existing service registry models have been analyzed, aimed to formally describe the resources of the information system and an enterprise management system based on this information system. Models of elements of the unified information resource registry have been modified, and a model for ensuring the integrity of an enterprise's information resources has been developed. The proposed improvements make it possible to use current and multi-tested methods to address the integrity of information resources.

Experimental testing of improved models of a unified information resource registry has been carried out. The task of ensuring integrity was considered for a regulatory document that should change its name and its composition as a result of external and internal factors. It has been shown that the application of the proposed results makes it possible to solve the task of ensuring the integrity of information resources such as paper-based regulations of an enter-

prise management system, within the framework of a unified registry of information resources by existing database management systems.

Keywords: information system, document, information resource, integrity of the resource, predicate, service registry.

References

1. P 50.1.056-2005. Technical information protection. Terms and definitions (2006). Moscow: Standartinform.
2. Radchenko, M. G., Hrustaleva, E. Yu. (2011). Arhitektura i rabota s dannymi «1S:Predpriyatiya 8.2». Moscow: OOO «1S Publishing», 268.
3. Deyt, K. Dzh. (2006). Vvedenie v sistemy baz dannyh. Moscow: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 1328.
4. Oh, S., Cho, S., Han, S., Gim, G. (2021). Pre-verification of Data in Electronic Trade Blockchain Platform. *Data Science and Digital Transformation in the Fourth Industrial Revolution*, 53–65. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64769-8_5
5. Haque, M. M., Nasim, M., Akbar, M., Rifat, M., Sadat, A., Shakil, M. (2020). An Innovative Approach of Verification Mechanism for both Electronic and Printed Documents. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (8). doi: <https://doi.org/10.14569/ijcsa.2020.0110876>
6. Rohde, T., Chupalov, R., Shulman, N., Sharma, V., Eckels, J., Pratt, B. S. et. al. (2020). Audit logs to enforce document integrity in Skyline and Panorama. *Bioinformatics*, 36 (15), 4366–4368. doi: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btaa547>
7. Brunner, C., Knirsch, F., Engel, D. (2019). SPROOF: A Platform for Issuing and Verifying Documents in a Public Blockchain. *Proceedings of the 5th International Conference on Information Systems Security and Privacy*. doi: <https://doi.org/10.5220/0007245600150025>
8. Páez, R., Pérez, M., Ramírez, G., Montes, J., Bouvarel, L. (2020). An Architecture for Biometric Electronic Identification Document System Based on Blockchain. *Future Internet*, 12 (1), 10. doi: <https://doi.org/10.3390/fi12010010>
9. Fernando, A. B., Shreevasta, Desprianto, F., Gaol, F. L., Oktavia, T. (2020). The Design of Smart Cashless Transaction. *Proceedings of the 2020 5th International Conference on Intelligent Information Technology*. doi: <https://doi.org/10.1145/3385209.3385227>
10. Yang, X., Li, T., Xi, W., Chen, A., Wang, C. (2020). A Blockchain-Assisted Verifiable Outsourced Attribute-Based Signcryption Scheme for EHRs Sharing in the Cloud. *IEEE Access*, 8, 170713–170731. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3025060>
11. Nirjhor, M. K. I., Yousuf, M. A., Mhaboob, M. S. (2021). Electronic Medical Record Data Sharing Through Authentication and Integrity Management. *2021 2nd International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icrest51555.2021.9331010>
12. UDDI Version 3.0.2. OASIS. Available at: <http://www.uddi.org/pubs/uddi-v3.0.2-20041019.htm>
13. Nykytiuk, V. (2014). WEB-Service Registry Model Improvements. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, 5 (88), 98–104.
14. Vasil'tsova, N. V., Evlanov, M. V., Nikityuk, V. A. (2011). Formalizovannoe opisanie usloviy integratsii IT-servisov v informatsionnyu sistemu upravleniya predpriyatiem. *Visnyk Akademiyi mlynoy sluzhby Ukrainy. Seriya «Tekhnichni nauky»*, 2 (46), 87–96.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233417

CONSTRUCTING A MATHEMATICAL MODEL FOR THE SOFTWARE SAFETY TESTING FIRST STAGE (p. 24–34)

Serhii Semenov

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4472-9234>

Zhang Liqiang

College of Computer Science
Neijiang Normal University, Dongxing District, Neijiang,
Sichuan, China

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7493-7670>

Cao Weiling

Neijiang Normal University, Dongxing District, Neijiang,
Sichuan, China

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8230-5235>

Viacheslav Davydov

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2976-8422>

This paper reports an analysis of the software (SW) safety testing techniques, as well as the models and methods for identifying vulnerabilities. An issue has been revealed related to the reasoned selection of modeling approaches at different stages of the software safety testing process and the identification of its vulnerabilities, which reduces the accuracy of the modeling results obtained. Two steps in the process of identifying software vulnerabilities have been identified. A mathematical model has been built for the process of preparing security testing, which differs from the known ones by a theoretically sound choice of the moment-generating functions when describing transitions from state to state. In addition, the mathematical model takes into consideration the capabilities and risks of the source code verification phase for cryptographic and other ways to protect data. These features generally improve the accuracy of modeling results and reduce input uncertainty in the second phase of software safety testing. An advanced security compliance algorithm has been developed, with a distinctive feature of the selection of laws and distribution parameters that describe individual state-to-state transitions for individual branches of Graphical Evaluation and Review Technique networks (GERT-networks). A GERT-network has been developed to prepare for security testing. A GERT-network for the process of checking the source code for cryptographic and other data protection methods has been developed. A graphic-analytical GERT model for the first phase of software safety testing has been developed. The expressions reported in this paper could be used to devise preliminary recommendations and possible ways to improve the effectiveness of software safety testing algorithms.

Keywords: software, security testing, graphic-analytical model, cyber threats, software safety, data protection.

References

1. Felderer, M., Böhler, M., Johns, M., Brucker, A. D., Breu, R., Pretschner, A. (2016). Security Testing: A Survey. *Advances in Computers*. Elsevier Ltd., 1–51. doi: <http://doi.org/10.1016/bs.adcom.2015.11.003>
2. Felderer, M., Agreiter, B., Zech, P., Breu, R. (2011). A classification for model-based security testing. *Advances in System Testing and Validation Lifecycle (VALID 2011)*, 109–114.
3. El Far, I. K., Whittaker, J. A.; Marciniak, J. J. (Ed.) (2002). Model based software testing. *Encyclopedia of Software Engineering*. Wiley. doi: <http://doi.org/10.1002/0471028959.sof207>
4. Atoum, I., Ootom, A. (2017). A Classification Scheme for Cybersecurity Models. *International Journal of Security and Its Applications*, 11 (1), 109–120. doi: <http://doi.org/10.14257/ijcsia.2017.11.1.10>
5. Dalalana Bertoglio, D., Zorzo, A. F. (2017). Overview and open issues on penetration test. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 23 (1). doi: <http://doi.org/10.1186/s13173-017-0051-1>
6. Minaev, V. A., Korolev, I. D., Mazin, A. V., Konovalenko, S. A. (2018). Model of vulnerability identification in unstable network interactions with automated system. *Radio Industry*, 2, 48–57. doi: <http://doi.org/10.21778/2413-9599-2018-2-48-57>

7. Kostadinov, D. (2016). Introduction: Intelligence Gathering & Its Relationship to the Penetration Testing Process. Available at: <https://resources.infosecinstitute.com/penetration-testing-intelligence-gathering>
8. Adebisi, A., Arreyemi, J., Imafidon, C. (2013). A Neural Network Based Security Tool for Analyzing Software. Technological Innovation for the Internet of Things. Portugal, 80–87. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-642-37291-9_9
9. Semenov, S., Sira, O., Kuchuk, N. (2018). Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(4 (92)), 39–46. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127210>
10. Semenov, S. G., Gavrylenko, S. Y., Chelak, V. V. (2016). Developing parametrical criterion for registering abnormal behavior in computer and telecommunication systems on the basis of economic tests. Actual Problems of Economics, 4 (178), 451–459.
11. Yan, D., Liu, F., Jia, K. (2019). Modeling an information-based advanced persistent threat attack on the internal network. ICC 2019-2019 IEEE International Conference on Communications (ICC). Shanghai: IEEE. doi: <http://doi.org/10.1109/icc.2019.8761077>
12. Tian-Yang, G., Yin-Sheng, S., You-Yuan, F. (2010). Research on software security testing. World Academy of science, engineering and Technology. International Journal of Computer and Information Engineering, 4 (9), 1446–1450.
13. Semenov, S. H., Sur, O. O. (2012). Matematychna model systemy kryptohrafichnoho zakhystu elektronnykh povidomlen na osnovi GERT-merezhi. Systemy upravlinnia, navihatsiyi ta zviazku, 1 (1 (21)), 131–137.
14. Dybach, A. M., Nosovskiy, A. V. (2015). Otsenka veroyatnosti prevysheniya kriteriev bezopasnosti. Yaderna ta radiatsiyana bezpeka, 4, 9–13. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ydgb_2015_4_4
15. Ango, A. (1964). Matematika dlya elektro- i radioinzhenerov. Moscow: Nauka, 772.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229568

DEVISING A METHOD TO IDENTIFY AN INCOMING OBJECT BASED ON THE COMBINATION OF UNIFIED INFORMATION SPACES (p. 35–44)

Vadym Mukhin

National Technical University of Ukraine Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1206-9131>

Valerii Zavgorodnii

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8347-7183>

Yaroslav Kornaga

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-2615>

Anna Zavgorodnya

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8523-1761>

Ievgen Krylov

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4313-938X>

Andrii Rybalochka

V. E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4214-3654>

Vasyl Kornaga

V. E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9407-2037>

Belous Roman

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7588-941X>

This paper suggests a method to search for an incoming object in order to identify its unambiguously, based on the integration of information spaces into intermediate unified information space. At the same time, the incoming object identification process involves appropriate attributes.

This paper describes the process of information object arrangement within a unified information space that forms for a set of dynamically changing objects. It should be noted that each subject in the set collects information about the environment, including interaction with other objects. In the process of forming a unified information space, the information system collects information from data sources that are represented in different formats. The system then converts this information and forms a unified information space, thereby providing users with information about objects.

A two-tier system of connections at the global (cloud) and local (fog) levels of interactions has been considered. At the same time, it should be noted that a unified information space formation requires the implementation of tools to support the transformation of information objects; that necessitates the implementation of translators – special converters at different levels.

A method to combine information spaces into an intermediate unified information space has been proposed; analysis was performed to determine the time and efficiency of the search for incoming objects within it.

It was experimentally established that the more parameters that describe an information object, the less the time to identify an object depends on the length of the interval.

It has also been experimentally shown that the efficiency of finding incoming objects tends to be a directly proportional dependence while reducing the length of the interval and increasing the number of parameters, and vice versa.

Keywords: unified information space, object identification, parameter of the incoming object, information object, search method.

References

1. Little, R. J., Rubin, D. B. (2019). Statistical analysis with missing data. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119482260>
2. Zhu, L., Shi, C., Guo, J. (2015). Mapping discovery modeling and its empirical research for the scientific and technological knowledge concept in unified concept space. Cluster Computing, 18 (1), 103–112. doi: <https://doi.org/10.1007/s10586-013-0339-7>
3. Teraoka, T. (2012). Organization and exploration of heterogeneous personal data collected in daily life. Human-Centric Computing and Information Sciences, 2 (1), 1. doi: <https://doi.org/10.1186/2192-1962-2-1>
4. Cheng, T., Lauw, H. W., Papparizos, S. (2012). Entity Synonyms for Structured Web Search. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 24 (10), 1862–1875. doi: <https://doi.org/10.1109/tkde.2011.168>
5. Yalova, K., Zavgorodnii, V., Romanyukha, M., Sorokina, L. (2016). Challenges and prospects in development of e-learning system for IT students. International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning, 26 (1), 25. doi: <https://doi.org/10.1504/ijceell.2016.075042>
6. Shevchenko, I., Tertyshnyi, V., Koval, S. (2017). Designing a model of a decision support system based on a multi-aspect

- factographic search. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (88)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108569>
7. Jáñez Morán, A., Profaiser, P., Herrando Zapater, M., Andérez Valdavidia, M., Zabalza Bribián, I. (2016). Information and Communications Technologies (ICTs) for energy efficiency in buildings: Review and analysis of results from EU pilot projects. *Energy and Buildings*, 127, 128–137. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.064>
 8. Yakovis, L. M. (2016). From unified information space to unified manufacturing control. *Automation and Remote Control*, 77 (9), 1689–1698. doi: <https://doi.org/10.1134/s0005117916090150>
 9. Hu, Z., Mukhin, V., Kornaga, Y., Herasymenko, O., Mostoviy, Y. (2018). The Analytical Model for Distributed Computer System Parameters Control Based on Multi-factoring Estimations. *Journal of Network and Systems Management*, 27 (2), 351–365. doi: <https://doi.org/10.1007/s10922-018-9468-x>
 10. Mukhin, V., Volokyta, A., Heriatovych, Y., Rehida, P. (2018). Method for Efficiency Increasing of Distributed Classification of the Images based on the Proactive Parallel Computing Approach. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 18 (2), 117–122. doi: <https://doi.org/10.4316/aecce.2018.02015>
 11. Teslia, I., Yehorchenkova, N., Khlevna, I., Kataieva, Y., Latysheva, T., Yehorchenkov, O. et. al. (2020). Developing a systems engineering concept for digitalizing higher education institutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (108)), 6–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219260>
 12. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Kuzka, O., Shabala, Y., Lyashchenko, T. (2017). A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (89)), 4–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112323>
 13. El Kadiri, S., Grabot, B., Thoben, K.-D., Hribernik, K., Emmanouilidis, C., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (2016). Current trends on ICT technologies for enterprise information systems. *Computers in Industry*, 79, 14–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.06.008>
 14. Arenas, M., Cuenca Grau, B., Kharlamov, E., Marciuska, Š., Zheleznyakov, D. (2016). Faceted search over RDF-based knowledge graphs. *Journal of Web Semantics*, 37-38, 55–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.websem.2015.12.002>
 15. Arenas, M., Grau, B. C., Kharlamov, E., Marciuska, S., Zheleznyakov, D. (2014). Enabling Faceted Search over OWL 2 with SemFacet. *OWLED*, 121–132. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.660.9713&rep=rep1&type=pdf>
 16. Nagpal, G., Uddin, M., Kaur, A. (2012). A Comparative Study of Estimation by Analogy using Data Mining Techniques. *Journal of Information Processing Systems*, 8 (4), 621–652. doi: <https://doi.org/10.3745/jips.2012.8.4.621>
 17. Mukhin, V., Komaga, Y., Zavgorodnii, V., Zavgorodnya, A., Herasymenko, O., Mukhin, O. (2019). Social Risk Assessment Mechanism Based on the Neural Networks. 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). doi: <https://doi.org/10.1109/atit49449.2019.9030519>
 18. Wang, T., Liu, L., Liu, N., Zhang, H., Zhang, L., Feng, S. (2020). A multi-label text classification method via dynamic semantic representation model and deep neural network. *Applied Intelligence*, 50 (8), 2339–2351. doi: <https://doi.org/10.1007/s10489-020-01680-w>
 19. Pan, Y., Hu, G., Qiu, J., Zhang, Y., Wang, S., Shao, D., Pan, Z. (2020). FLGA: a unified network embedding framework integrating multi-scale network structures and node attribute information. *Applied Intelligence*, 50 (11), 3976–3989. doi: <https://doi.org/10.1007/s10489-020-01780-7>
 20. Yu, W., Cheng, S., Wu, C., Lou, H. (2012). A self-evolutionary model for automated innovation of construction technologies. *Automation in Construction*, 27, 78–88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.04.018>
 21. Grau, B. C., Kharlamov, E., Marciuska, S., Zheleznyakov, D., Arenas, M. (2016). SemFacet: Faceted Search over Ontology Enhanced Knowledge Graphs. *International Semantic Web Conference*. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1068.337&rep=rep1&type=pdf>
 22. Ferré, S., Hermann, A. (2011). Semantic Search: Reconciling Expressive Querying and Exploratory Search. *Lecture Notes in Computer Science*, 177–192. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-25073-6_12
 23. Dodonov, A., Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Kornaga, Ya., Zavgorodnya A. (2021). Method of searching for information objects in unified information space. *System research and information technologies*, 1, 34–46. doi: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2021.1.03>
 24. Ferré, S., Hermann, A., Ducassé, M. (2011). Semantic faceted search: Safe and expressive navigation in RDF graphs. *HAL*. Available at: <https://hal.inria.fr/inria-00554093/document>
 25. Gershkovich, M. M., Birukova, T. K. (2014). The tasks of identification of informational objects in area-spread data arrays. *Systems and Means of Informatics*, 24 (1), 224–243. doi: <https://doi.org/10.14357/08696527140114>
 26. Ozhereleva, T. A. (2014). Regard to the concept of information space, information field, information environment and semantic environment. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 10-2, 21–24. Available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5989>
 27. Karin, S. A. (2012). Integration in the Single Information Space of Heterogeneous Geospatial Data. *Information and Control Systems*, 2 (57), 89–94. Available at: <http://www.i-us.ru/index.php/ius/article/view/13797>
 28. Zuiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et. al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (106)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
 29. Logunov, A. N., Logunova, G. L. (2012). Choice of recognition attributes when searching hidden objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (59)), 21–25. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/4622>
 30. Meshcheryakov, R. V., Zhukovskiy, O. I., Senchenko, P. V., Gritsenko, Y. B., Milikhin, M. M. (2017). Architecture features of a common information space to manage complex technological processes. *Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 20 (4), 75–81. doi: <https://doi.org/10.21293/1818-0442-2017-20-4-75-81>
 31. Manakova, I. P. (2016). Sistema integratsii kontenta iz oblachnyh hranilisch i sotsial'nyh setey v edinoe informatsionnoe prostranstvo organizatsii. *Nauchno-metodicheskiy elektronniy zhurnal Kontsept*, 15, 476–480. Available at: <https://e-koncept.ru/2016/86999.htm>
 32. Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Barabash, O., Mykolaichuk, R., Kornaga, Y. et. al. (2020). Method of Restoring Parameters of Information Objects in a Unified Information Space Based on Computer Networks. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 12 (2), 11–21. doi: <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2020.02.02>
 33. Sheludko, A. A., Boldyrikhin, N. V. (2018). Search of information objects in computer memory solving the problems of cyber security provision. *Molodoy issledovatel' Dona*, 6 (15), 81–86. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/poisk-informatsionnyh-obektov-v-pamyati-kompyutera-pri-reshenii-zadach-obespecheniya-kiberbezopasnosti>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235802
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR IMPROVING
STABILITY METHOD OF APPLYING DIGITAL
WATERMARKS TO DIGITAL IMAGES (p. 45–56)

Oleksandr Makoveichuk

Abto Software, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4425-016X>

Igor Ruban

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4738-3286>

Nataliia Bolohova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8927-0055>

Andriy Kovalenko

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2817-9036>

Vitalii Martovytskyi

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2349-0578>

Tetiana Filimonchuk

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4380-504X>

A technique for increasing the stability of methods for applying digital watermark into digital images is presented. A technique for increasing the stability of methods for applying digital watermarks into digital images, based on pseudo-holographic coding and additional filtering of a digital watermark, has been developed. The technique described in this work using pseudo-holographic coding of digital watermarks is effective for all types of attacks that were considered, except for image rotation. The paper presents a statistical indicator for assessing the stability of methods for applying digital watermarks. The indicator makes it possible to comprehensively assess the resistance of the method to a certain number of attacks. An experimental study was carried out according to the proposed method. This technique is most effective when part of the image is lost. When pre-filtering a digital watermark, the most effective is the third filtering method, which is averaging over a cell with subsequent binarization. The least efficient is the first method, which is binarization and finding the statistical mode over the cell. For an affine type attack, which is an image rotation, this technique is effective only when the rotation is compensated. To estimate the rotation angle, an affine transformation matrix is found, which is obtained from a consistent set of corresponding ORB-descriptors. Using this method allows to accurately extract a digital watermark for the entire range of angles. A comprehensive assessment of the methodology for increasing the stability of the method of applying a digital watermark based on Wavelet transforms has shown that this method is 20 % better at counteracting various types of attacks.

Keywords: digital watermarks, steganography methods, pseudo-holographic coding, discrete cosine transform, affine transform.

References

- Patel, S. B., Mehta, T. B., Pradhan, S. N. (2011). A unified technique for robust digital watermarking of colour images using data mining and DCT. *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 3 (1), 81. doi: <https://doi.org/10.1504/ijitst.2011.039680>
- Gao, X., Deng, C., Li, X., Tao, D. (2010). Geometric Distortion Insensitive Image Watermarking in Affine Covariant Regions. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40 (3), 278–286. doi: <https://doi.org/10.1109/tsmcc.2009.2037512>
- Seo, J. S., Yoo, C. D. (2006). Image watermarking based on invariant regions of scale-space representation. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 54 (4), 1537–1549. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2006.870581>
- Aslantas, V. (2008). A singular-value decomposition-based image watermarking using genetic algorithm. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 62 (5), 386–394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2007.02.010>
- Loukhaoukha, K., Nabti, M., Zebbiche, K. (2014). A robust SVD-based image watermarking using a multi-objective particle swarm optimization. *Opto-Electronics Review*, 22 (1). doi: <https://doi.org/10.2478/s11772-014-0177-z>
- Wei, Z. H., Qin, P., Fu, Y. Q. (1998). Perceptual digital watermark of images using wavelet transform. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 44 (4), 1267–1272. doi: <https://doi.org/10.1109/30.735826>
- Santhi, V., Rekha, N., Tharini, S. (2008). A hybrid block based watermarking algorithm using DWT-DCT-SVD techniques for color images. 2008 International Conference on Computing, Communication and Networking. doi: <https://doi.org/10.1109/iccnet.2008.4907259>
- Divecha, N. H., Jani, N. (2012). Image Watermarking Algorithm using DCT, DWT and SVD. *IJCA Proceedings on National Conference on Innovative Paradigms in Engineering and Technology (NCIPET 2012)*, 13–16.
- Singh, A. K. (2016). Improved hybrid algorithm for robust and imperceptible multiple watermarking using digital images. *Multimedia Tools and Applications*, 76 (6), 8881–8900. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3514-z>
- Bruckstein, A. M., Holt, R. J., Netravali, A. N. (1997). Holographic image representations: the subsampling method. *Proceedings of International Conference on Image Processing*. doi: <https://doi.org/10.1109/icip.1997.647439>
- Bruckstein, A. M., Holt, R. J., Netravali, A. N. (1998). Holographic representations of images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 7 (11), 1583–1597. doi: <https://doi.org/10.1109/83.725365>
- Markovskii, A. V. (2001). On Quasiholographic Coding of Digital Images. *Automation and Remote Control* 62, 1688–1697. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1012470618018>
- Kuznetsov, O. P., Markovskiy, A. B. (2002). Kvazilograficheskiy podhod k kodirovaniyu graficheskoy informatsii. *Iskusstvenniy intellekt*, 2, 474–482.
- Dovgard, R. (2004). Holographic Image Representation With Reduced Aliasing and Noise Effects. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13 (7), 867–872. doi: <https://doi.org/10.1109/tip.2004.827228>
- Makoveychuk, O. (2019). A new type of augmented reality markers. *Advanced Information Systems*, 3 (3), 43–48. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.3.06>
- Makoveichuk, O., Ruban, I., Hudov, G. (2019). Using genetic algorithms to find inverse pseudo-random block permutations. *Control, Navigation and Communication Systems*, 4, 72–81. doi: <https://doi.org/10.26906/sunz.2019.4.072>
- Xia, X. G., Boncelet, C., Arce, G. (1998). Wavelet transform based watermark for digital images. *Optics Express*, 3 (12), 497. doi: <https://doi.org/10.1364/oe.3.000497>
- Lai, C.-C., Tsai, C.-C. (2010). Digital Image Watermarking Using Discrete Wavelet Transform and Singular Value Decomposition.

- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 59 (11), 3060–3063. doi: <https://doi.org/10.1109/tim.2010.2066770>
19. Yusof, Y., Khalifa, O. O. (2007). Digital watermarking for digital images using wavelet transform. 2007 IEEE International Conference on Telecommunications and Malaysia International Conference on Communications. doi: <https://doi.org/10.1109/ictmic.2007.4448569>
 20. Mallat, S. G. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11 (7), 674–693. doi: <https://doi.org/10.1109/34.192463>
 21. Daubechies, I. (1992). Ten Lectures on Wavelets. CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. doi: <https://doi.org/10.1137/1.9781611970104>
 22. Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9 (1), 62–66. doi: <https://doi.org/10.1109/tsmc.1979.4310076>
 23. Bradley, D., Roth, G. (2007). Adaptive Thresholding using the Integral Image. Journal of Graphics Tools, 12 (2), 13–21. doi: <https://doi.org/10.1080/2151237x.2007.10129236>
 24. Yeromina, N., Petrov, S., Antonenko, N., Vlasov, I., Kostyrsia, V., Korshenko, V. (2020). The Synthesis of the Optimal Reference Image Using Nominal and Hyperordinal Scales. (2020). International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (5), 2080–2084. doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/98852020>
 25. Liashko O., Klindukhova, V., Yeromina, N., Karadobrii, T., Bairamova, O., Dorosheva, A. (2020). The Criterion and Evaluation of Effectiveness of Image Comparison in Correlation-Extreme Navigation Systems of Mobile Robots. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (6), 2841–2847, doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/97862020>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234447

IMPROVING THE SHIP'S POWER PLANT AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BY USING A MODEL-ORIENTED DECISION SUPPORT SYSTEM IN ORDER TO REDUCE ACCIDENT RATE UNDER THE TRANSITIONAL AND DYNAMIC MODES OF OPERATION (p. 57–66)

Leonid Vyshnevskiy

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1119-2602>

Igor Kozyryev

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2637-9296>

Taisiya Voytetskaya

Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6518-5099>

Igor Voytetsky

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1143-3779>

Oksana Maksymova

Naval Institute of the National University
"Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3986-0991>

Maksym Maksymov

Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7536-2570>

Viktorii Kryvda

Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0930-1163>

This paper proposes a method to improve the performance of a ship's power plant by reducing accidents within it under transitional operating modes. The method is based on decreasing the number of service personnel errors by using a model-oriented decision support system. In order to implement the proposed method, the structure of the system of automatic control of the ship's power plant has been improved. Such an improvement of the control system implied the integration of a modeling unit and a decision support unit into its structure. The modeling unit makes it possible to predict values of the controlled parameters under a transition mode of operation before they actually appear in the system as a result of the operator's actions. A mathematical model of the automatic control system under transitional operating modes has been built for this unit. In order to implement the decision support unit, a method has been devised to formalize the task of managing the power plant under transitional operating modes. The method essentially involves modeling a transitional operating regime, followed by an evaluation of the results based on regulatory requirements and an empirical criterion for assessing the quality of enabling the diesel generators to work in parallel. In addition, a method has been developed for the decision support unit to reduce the accident rate and improve performance with the help of a mathematical apparatus of fuzzy inference, fuzzy logic, and fuzzy sets. Transitional operating regimes resulting from actual erroneous operator actions during ship flights were investigated. As a result of using the proposed system, the power plant performance increases.

Keywords: model-oriented system, method to improve accident rate and performance, accident rate, performance.

References

1. Burmeister, H.-C., Bruhn, W., Rødseth, Ø. J., Porathe, T. (2014). Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective. International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, 1, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enavi.2014.12.002>
2. Zubowicz, T., Armiński, K., Witkowska, A., Śmierczalski, R. (2019). Marine autonomous surface ship - control system configuration. IFAC-PapersOnLine, 52 (8), 409–415. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.100>
3. Utne, I. B., Schjølberg, I., Roe, E. (2019). High reliability management and control operator risks in autonomous marine systems and operations. Ocean Engineering, 171, 399–416. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.11.034>
4. Hughes, G., Kornowa-Weichel, M. (2004). Whose fault is it anyway?: A practical illustration of human factors in process safety. Journal of Hazardous Materials, 115 (1-3), 127–132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.06.005>
5. Papalambrou, G., Samokhin, S., Topaloglou, S., Planakis, N., Kyrtatos, N., Zenger, K. (2017). Model predictive control for hybrid diesel-electric marine propulsion. IFAC-PapersOnLine, 50 (1), 11064–11069. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2488>
6. Valdez Banda, O. A., Kannos, S., Goerlandt, F., van Gelder, P. H. A. J. M., Bergström, M., Kujala, P. (2019). A systemic hazard analysis and management process for the concept design phase of an autonomous vessel. Reliability Engineering & System Safety, 191, 106584. doi: <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106584>
7. Fan, S., Zhang, J., Blanco-Davis, E., Yang, Z., Yan, X. (2020). Maritime accident prevention strategy formulation from a human factor perspective using Bayesian Networks and TOPSIS. Ocean Engineering, 210, 107544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107544>
8. Sujesh, G., Ramesh, S. (2018). Modeling and control of diesel engines: A systematic review. Alexandria Engineering Journal, 57 (4), 4033–4048. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.011>
9. Boldea, I., Tutelea, L. (2018). Reluctance Electric Machines: Design and Control. CRC Press, 430. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429458316>

10. Pelykh, S. N., Maksimov, M. V., Baskakov, V. E. (2008). Model of cladding failure estimation under multiple cyclic reactor power changes. Paper presented at the 2nd International Conference on Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy, NPAE 2008 - Proceedings, 638–641.
11. Jeong, B., Oguz, E., Wang, H., Zhou, P. (2018). Multi-criteria decision-making for marine propulsion: Hybrid, diesel electric and diesel mechanical systems from cost-environment-risk perspectives. *Applied Energy*, 230, 1065–1081. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.074>
12. Coraddu, A., Oneto, L., Navas de Maya, B., Kurt, R. (2020). Determining the most influential human factors in maritime accidents: A data-driven approach. *Ocean Engineering*, 211, 107588. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107588>
13. Qiao, W., Liu, Y., Ma, X., Liu, Y. (2020). A methodology to evaluate human factors contributed to maritime accident by mapping fuzzy FT into ANN based on HFACS. *Ocean Engineering*, 197, 106892. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106892>
14. Endrina, N., Konovessis, D., Sourina, O., Krishnan, G. (2019). Influence of ship design and operational factors on human performance and evaluation of effects and sensitivity using risk models. *Ocean Engineering*, 184, 143–158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.001>
15. Baykov, A., Dar'envok, A., Kurkin, A., Sosnina, E. (2019). Mathematical modelling of a tidal power station with diesel and wind units. *Journal of King Saud University - Science*, 31 (4), 1491–1498. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.01.009>
16. Kundur, P. (1993). *Power system stability and control*. McGraw-Hill Inc., 1200.
17. Boldea, I. (2020). *Induction Machines Handbook: Steady State Modeling and Performance*. CRC Press, 443. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003033417>
18. Brunetkin, A. I., Maksimov, M. V. (2015). The method for determination of a combustible gas composition during its combustion. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 83–90.
19. Dahl, A. R., Thorat, L., Skjetne, R. (2018). Model Predictive Control of Marine Vessel Power System by Use of Structure Preserving Model. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (29), 335–340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.09.501>
20. Skjong, S., Pedersen, E. (2017). A real-time simulator framework for marine power plants with weak power grids. *Mechatronics*, 47, 24–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.09.001>
21. Thorat, L., Skjetne, R. (2017). Load-dependent start-stop of gensets modeled as a hybrid dynamical system. *IFAC-PapersOnLine*, 50 (1), 9321–9328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1180>
22. Li, W., Li, H., Gu, S., Chen, T. (2020). Process fault diagnosis with model- and knowledge-based approaches: Advances and opportunities. *Control Engineering Practice*, 105, 104637. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2020.104637>
23. Pelykh, S. N., Maksimov, M. V., Nikolsky, M. V. (2014). A method for minimization of cladding failure parameter accumulation probability in VVER fuel elements. *Problems of Atomic Science and Technology*, 4 (92), 108–116.
24. Vishnevskiy, L., Voytetskiy, I., Voytetskaya, T. (2019). Using model-oriented decision-making support system for the improvement of safe operation of a ship electric power installation. *Computational Problems of Electrical Engineering*, 9 (1), 37–43. Available at: <http://science.lpnu.ua/jcpee/all-volumes-and-issues/volume-9-number-1-2019/using-model-oriented-decision-making-support>
25. Vishnevsky, L., Voytetsky, I., Voytetskaya, T. (2019). Marine Electrical Power Plant Dynamic Modes Evaluation Using a Fuzzy Inference System. 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). doi: <https://doi.org/10.1109/cpee47179.2019.8949175>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234202

MULTICRITERIA OPTIMIZATION IN THE PROBLEM OF COMPUTER-AIDED DESIGN OF HYBRID SOLAR ENERGY SYSTEMS (p. 67–78)

Victor Sineglazov

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3297-9060>

Denis Karabetsky

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-9279>

Olena Chumachenko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv

Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6889-5221>

This paper reports an approach to optimizing the structure of a hybrid solar energy system (HSES), used in the task of automated design, under two modes: independent and connected to the network. The proposed HSES includes a solar energy system (SES), an energy storage system (ESS) powered by rechargeable batteries (RBs), a set of diesel generators (DGs), and a network-connecting system. This paper has identified models of the HSES elements' power and proposed a control algorithm based on rules that assess the state of the system during operation.

The energy models in conjunction with the control algorithm make it possible to model the system's operation stage over a pre-defined time interval. The proposed approach is based on solving a multicriteria optimization problem (MCO). MCO takes into consideration the minimization of system costs and the total cost of the system, minimizing fuel use, maximizing reliability, and minimizing the use of non-renewable energy sources. A solution to the MCO problem is based on using a Pareto-optimal solution search algorithm, underlying which is the NSGA-II genetic algorithm employing the proposed set of crossbreeding, mutation, and breeding operators. The devised procedure makes it possible to determine the structure of HSES, which includes a set of the number of solar panels, RBs, and DGs. The result is three variants of HSES for a household for two people (Kyiv, Ukraine), under an autonomous mode and in the regime connected to the electricity grid. Given the possibility of selling electricity at a green tariff during the year, the reported solution makes it possible to reduce the estimated cost of the system by up to 45 %. The use of simulation has helped conduct a detailed analysis of the system's performance throughout the year.

Keywords: hybrid solar energy system, multicriteria optimization, automated design.

References

1. Farret, F. A., Godoy Simoes, M. (2017). *Integration of renewable sources of energy*. John Wiley & Sons, 688.
2. Aziz, A., Tajuddin, M., Adzman, M., Ramli, M., Mekhilef, S. (2019). Energy Management and Optimization of a PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using a Combined Dispatch Strategy. *Sustainability*, 11 (3), 683. doi: <https://doi.org/10.3390/su11030683>
3. Zheng, X.-K., Li, K., Wang, R., Zhang, T. (2017). Operation Management of a Hybrid Renewable Energy Systems Base on Multi-Objective Optimal under Uncertainties. 2017 IEEE International Conference on Energy Internet (ICEI). doi: <https://doi.org/10.1109/icei.2017.18>
4. Ma, G., Xu, G., Chen, Y., Ju, R. (2016). Multi-objective optimal configuration method for a standalone wind-solar-battery hybrid power system. *IET Renewable Power Generation*, 11 (1), 194–202. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2016.0646>

5. Song, Y., Liu, Y., Wang, R., Ming, M. (2019). Multi-Objective Configuration Optimization for Isolated Microgrid With Shiftable Loads and Mobile Energy Storage. *IEEE Access*, 7, 95248–95263. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2928619>
6. Upadhyay, S., Sharma, M. P. (2014). A review on configurations, control and sizing methodologies of hybrid energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 47–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.057>
7. Abedini, M., Moradi, M. H., Hosseinian, S. M. (2016). Optimal management of microgrids including renewable energy sources using GPSO-GM algorithm. *Renewable Energy*, 90, 430–439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.014>
8. Delgado, C., Dominguez-Navarro, J. A. (2014). Optimal design of a hybrid renewable energy system. 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER). doi: <https://doi.org/10.1109/ever.2014.6844008>
9. Bernal-Aguistin, J. L., Dufo-López, R. (2006). Economical and environmental analysis of grid connected photovoltaic systems in Spain. *Renewable Energy*, 31 (8), 1107–1128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.06.004>
10. Caballero, F., Sauma, E., Yanine, F. (2013). Business optimal design of a grid-connected hybrid PV (photovoltaic)-wind energy system without energy storage for an Easter Island's block. *Energy*, 61, 248–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.08.030>
11. Cho, J.-H., Chun, M.-G., Hong, W.-P. (2016). Structure Optimization of Stand-Alone Renewable Power Systems Based on Multi Object Function. *Energies*, 9 (8), 649. doi: <https://doi.org/10.3390/en9080649>
12. Eriksson, E. L. V., Gray, E. M. (2017). Optimization and integration of hybrid renewable energy hydrogen fuel cell energy systems – A critical review. *Applied Energy*, 202, 348–364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.132>
13. Singh, R., Bansal, R. C. (2019). Optimization of an Autonomous Hybrid Renewable Energy System Using Reformed Electric System Cascade Analysis. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15 (1), 399–409. doi: <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2867626>
14. Hosseinalizadeh, R., Shakouri G, H., Amalnick, M. S., Taghipour, P. (2016). Economic sizing of a hybrid (PV–WT–FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: Case study of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 139–150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.046>
15. Olatomiwa, L., Mekhilef, S., Huda, A. S. N., Sanusi, K. (2015). Techno-economic analysis of hybrid PV –diesel–battery and PV –wind–diesel–battery power systems for mobile BTS: the way forward for rural development. *Energy Science & Engineering*, 3 (4), 271–285. doi: <https://doi.org/10.1002/ese.3.71>
16. Aguiar, R., Collares-Pereira, M. (1992). TAG: A time-dependent, autoregressive, Gaussian model for generating synthetic hourly radiation. *Solar Energy*, 49 (3), 167–174. doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(92\)90068-l](https://doi.org/10.1016/0038-092x(92)90068-l)
17. Singh, R., Bansal, R. C., Singh, A. R. (2018). Optimization of an isolated photo-voltaic generating unit with battery energy storage system using electric system cascade analysis. *Electric Power Systems Research*, 164, 188–200. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2018.08.005>
18. Bokopane, L., Kusakana, K., Vermaak, H. J. (2015). Optimal energy management of an isolated electric Tuk-Tuk charging station powered by hybrid renewable systems. 2015 International Conference on the Domestic Use of Energy (DUE). doi: <https://doi.org/10.1109/du.2015.7102981>
19. Bakhtiari, H., Naghizadeh, R. A. (2018). Multi-criteria optimal sizing of hybrid renewable energy systems including wind, photovoltaic, battery, and hydrogen storage with ϵ -constraint method. *IET Renewable Power Generation*, 12 (8), 883–892. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2017.0706>
20. Coppitters, D., De Paepe, W., Contino, F. (2020). Robust design optimization and stochastic performance analysis of a grid-connected photovoltaic system with battery storage and hydrogen storage. *Energy*, 213, 118798. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118798>
21. Díaz, G., Gómez-Aleixandre, J., Coto, J., Conejero, O. (2018). Maximum income resulting from energy arbitrage by battery systems subject to cycle aging and price uncertainty from a dynamic programming perspective. *Energy*, 156, 647–660. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.122>
22. Ramesh, M., Saini, R. P. (2020). Effect of different batteries and diesel generator on the performance of a stand-alone hybrid renewable energy system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1–23. doi: <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1763520>
23. Yusoff, Y., Ngadiman, M. S., Zain, A. M. (2011). Overview of NSGA-II for Optimizing Machining Process Parameters. *Procedia Engineering*, 15, 3978–3983. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.745>
24. Ming, M., Wang, R., Zha, Y., Zhang, T. (2017). Multi-objective optimization of hybrid renewable energy system using an enhanced multi-objective evolutionary algorithm. *Energies*, 10 (5), 674. doi: <https://doi.org/10.3390/en10050674>
25. Nujoom, R., Wang, Q., Mohammed, A. (2018). Optimisation of a sustainable manufacturing system design using the multi-objective approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96 (5-8), 2539–2558. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1649-y>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234235

DESIGNING A SYSTEM THAT REMOVES METALLIC INCLUSIONS FROM BULK RAW MATERIALS ON THE BELT CONVEYOR (79–87)

Leonid Zamikhovskiy

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

Ivan Levytskyi

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

Mykola Nykolaychuk

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

Modern industrial technologies require raw materials of high purity from suppliers, especially due to the possible presence of inclusions of heterogeneous metals in them. The existence of metallic inclusions of heterogeneous metals in the raw materials leads to equipment failure, a decrease in the quality of output products, and, consequently, large financial losses. Since the main method of transporting raw materials in the industry is still a conveyor belt, this imposes additional conditions to control and remove metallic inclusions. For various reasons, current methods for removing metallic inclusions in the conveyor belt do not fully meet the needs of modern production. The main issue related to existing removal systems is the lack of intelligent interaction between these systems and the absence of information exchange between systems that detect and remove metallic inclusions. An alternative method for removing metallic

inclusions of heterogeneous metals from loose medium has been proposed, which implies the tandem operation of the system that detects metallic inclusions and the system that removes them. The tandem operation of the two systems makes it possible to exchange information about a detected metallic inclusion and, as a result, to more flexibly use tools for the removal of metallic inclusion depending on the size and location of the metallic inclusion relative to the conveyor belt axis. At the same time, the control unit of the removal system makes it possible to control the conveyor belt itself, which allows the removal of complex metallic inclusions using the reverse of the electric drive of the belt, as well as enables a control check of the fact of removal. The developed algorithm of the removal system was implemented in the programming environment TIA-Portal. The introduction of this removal system could reduce the number of metallic inclusions in raw materials by 15–20 %; moreover, its application is not limited to only one sector of the national economy.

Keywords: metallic inclusion, conveyor belt, detection system, removal system, magnetic separator, electromagnet.

References

- Levytskyi, I. T. (2012). Analiz vybirky metalovklyuchen u sypuchiy syrovyni v umovakh VAT «Keramikbudservis». *Visnyk Skhidnoukrainskoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 8 (179), 91–95.
- Opalev, A. S. (2020). Improving quality of magnetite concentrates based on magnetic-gravity separation. *Gornyi Zhurnal*, 9, 72–77. doi: <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.09.10>
- Roy, S. (2012). Recovery Improvement of Fine Magnetic Particles by Flocculation. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 33 (3), 170–179. doi: <https://doi.org/10.1080/08827508.2011.562948>
- Song, S., Zhang, G., Luo, Z., Lv, B. (2019). Development of a Fluidized Dry Magnetic Separator and Its Separation Performance Tests. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 40 (5), 307–313. doi: <https://doi.org/10.1080/08827508.2019.1635469>
- Shvedchikova, I., Melkonova, I., Romanchenko, J. (2020). Research of magnetic field distribution in the working area of disk separator, taking into account an influence of materials of permanent magnets. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 87–95. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001106>
- Magnetic Systems. Magnetix Sp.zo.o. Product Catalog. Magnetic Separators. Available at: <https://metal-separators.com/files/files/Katalog%202020EN/Magnetix%20-%20folder.pdf>
- Liu, J.-J., Lu, D.-F., Wang, Y.-H., Zheng, X.-Y., Li, X.-D., Cheng, Z.-Y. (2020). Effect of dry magnetic separator on pre-selection of magnetite under wind power. *Zhongguo Youshi Xuebao/Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 30 (10), 2482–2491. Available at: http://www.yxsb.cn/paper/paperView.aspx?id=paper_595782
- Gómez-Pastora, J., Xue, X., Karampelas, I. H., Bringas, E., Furlani, E.P., Ortiz, I. (2017). Analysis of separators for magnetic beads recovery: From large systems to multifunctional microdevices. *Separation and Purification Technology*, 172, 16–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.07.050>
- Goudsmit Magnetic Systems. Magnetic Separators for Recycling (2020). Product Catalog. Overbelt Magnets, 6.
- Andreeva, E. G., Semina, I. A., Shantarenko, S. G. (2017). The research of the magnetic field power characteristics of a hybrid magnetic system with various concentrators. 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). doi: <https://doi.org/10.1109/dynamics.2017.8239428>
- Osipova, N. V. (2020). Model for optimal control of a magnetic separator based on the bellman dynamic programming method. *Chernyye Metally*, 2020 (7), 9–13. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089243611&origin=resultslist>
- Zamikhovskiy, L. M., Levytskyi, I. T., Gromaszek, K., Smailova, S., Akhmetova, A., Sagymbekova, A. (2016). Development of control system of metallic inclusions in granular materials based on the method of scanning signal. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2249200>
- Zamikhovskiy, L. M., Levytskyi, I. T. (2017). Systema keruvannia mekhanizmom vydalennia metalevykh vkluchen v umovakh vyrobnytstva keramichnoi tsehly. Summer InfoCom 2017: Materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi. Kyiv: Vyd-vo TOV «Inzhynirynh», 71–72.
- MODBUS over Serial Line Specification & Implementation guide V1.0. Available at: https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf
- Simatic. Programmieremiy kontrolller S7-1200. Sistemnoe rukovodstvo. Siemens. Available at: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-1200/s71200_system_manual_r.pdf
- Simatic. WinCC (TIA Portal) V15 GMP Engineering Manual. Configuration Manual (2019). Siemens. Available at: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1a53fe6d-4101-4166-9c87-b8dd4301bb4f/gmp-simatic-wincc-v15-en.pdf>
- SIMATIC HMI HMI devices Basic Panels 2nd Generation. Operating Instructions. Siemens. Available at: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/hmi_basic_panels_2nd_gen_operating_instructions_enUS_en-US.pdf?download=true

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227315 BROKEN ROTOR BARS FAULT DETECTION IN INDUCTION MOTORS BASED ON CURRENT ENVELOPE AND NEURAL NETWORK (p. 88–95)

Mohammed Obaid Mustafa

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5188-6508>

The growing demand for dependable manufacturing techniques has sped up research into condition monitoring and fault diagnosis of critical motor parts. On the other hand, in modern industry, machine maintenance is becoming increasingly necessary. An insufficient maintenance strategy can result in unnecessarily high downtime or accidental machine failure, resulting in significant financial and even human life losses. Downtime and repair costs rise as a result of failure. Furthermore, developing an online condition monitoring method may be one solution to come up for the problem. Early detection of faults is very vital since they grow quickly and can cause further problems to the motor. This paper proposes an effective strategy for the classification of broken rotor bars (BRBs) for induction motors (IMs) that uses a new approach based on Artificial Neural Network (ANN) and stator current envelope. The stator current envelope is extracted using the cubic spline interpolation process. This is based on the idea that the amplitude-modulated motor current signal can be revealed using the motor current envelope. The stator current envelope is used to select seven features, which will be used as input for the neural network. Five IM conditions were experimentally used in this study, including a part of BRB, 1 BRB, 2 BRBs and 3 BRBs. The new feature extraction and selection approach achieves a higher level of accuracy than the conventional method for motor fault classification, according to the experimental results. Indeed, the results are impressive, and it is capable of detecting the exact number of broken rotor bars under full load conditions.

Keywords: classification of broken rotor bars, stator current envelope, neural network, fault detection and diagnosis, induction motors.

References

- Toliat, H. A., Nandi, S., Choi, S., Meshgin-Kelk, H. (2013). *Electric Machines: Modeling, Condition Monitoring, and Fault Diagnosis*. CRC Press, 272. doi: <https://doi.org/10.1201/b13008>

2. Benbouzid, M. E. H. (1999). Bibliography on induction motors faults detection and diagnosis. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 14 (4), 1065–1074. doi: <https://doi.org/10.1109/60.815029>
3. Antonino-Daviu, J., Aiyente, S., Strangas, E. G., Riera-Guasp, M. (2013). Scale Invariant Feature Extraction Algorithm for the Automatic Diagnosis of Rotor Asymmetries in Induction Motors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9 (1), 100–108. doi: <https://doi.org/10.1109/tii.2012.2198659>
4. Hwang, I., Kim, S., Kim, Y., Seah, C. E. (2010). A Survey of Fault Detection, Isolation, and Reconfiguration Methods. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 18 (3), 636–653. doi: <https://doi.org/10.1109/tcst.2009.2026285>
5. Bellini, A., Filippetti, F., Tassoni, C., Capolino, G.-A. (2008). Advances in Diagnostic Techniques for Induction Machines. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55 (12), 4109–4126. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2008.2007527>
6. Riera-Guasp, M., Antonino-Daviu, J. A., Capolino, G.-A. (2015). Advances in Electrical Machine, Power Electronic, and Drive Condition Monitoring and Fault Detection: State of the Art. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62 (3), 1746–1759. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2014.2375853>
7. Henao, H., Capolino, G.-A., Fernandez-Cabanas, M., Filippetti, F., Bruzese, C., Strangas, E. et. al. (2014). Trends in Fault Diagnosis for Electrical Machines: A Review of Diagnostic Techniques. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8 (2), 31–42. doi: <https://doi.org/10.1109/mie.2013.2287651>
8. Thomson, W. T., Fenger, M. (2001). Current signature analysis to detect induction motor faults. *IEEE Industry Applications Magazine*, 7 (4), 26–34. doi: <https://doi.org/10.1109/2943.930988>
9. Said, M. S. N., Benbouzid, M. E. H., Benchaib, A. (2000). Detection of broken bars in induction motors using an extended Kalman filter for rotor resistance sensorless estimation. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 15 (1), 66–70. doi: <https://doi.org/10.1109/60.849118>
10. Rayyam, M., Zazi, M., Hajji, Y., Chtouki, I. (2016). Stator and rotor faults detection in Induction Motor (IM) using the Extended Kalman Filter (EKF). 2016 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT). doi: <https://doi.org/10.1109/eitech.2016.7519579>
11. Diallo, D., Benbouzid, M. E. H., Hamad, D., Pierre, X. (2005). Fault Detection and Diagnosis in an Induction Machine Drive: A Pattern Recognition Approach Based on Concordia Stator Mean Current Vector. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 20 (3), 512–519. doi: <https://doi.org/10.1109/tec.2005.847961>
12. Widodo, A., Yang, B.-S., Han, T. (2007). Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors. *Expert Systems with Applications*, 32 (2), 299–312. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.031>
13. Mustafa, M. O., Varagnolo, D., Nikolakopoulos, G., Gustafsson, T. (2016). Detecting broken rotor bars in induction motors with model-based support vector classifiers. *Control Engineering Practice*, 52, 15–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2016.03.019>
14. Matić, D., Kulić, F., Pineda-Sánchez, M., Kamenko, I. (2012). Support vector machine classifier for diagnosis in electrical machines: Application to broken bar. *Expert Systems with Applications*, 39 (10), 8681–8689. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.214>
15. Mustafa, M. O., Nikolakopoulos, G., Gustafsson, T. (2013). Broken bars fault diagnosis based on uncertainty bounds violation for three-phase induction motors. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25 (2), 304–325. doi: <https://doi.org/10.1002/etep.1843>
16. Kim, Y.-H., Youn, Y.-W., Hwang, D.-H., Sun, J.-H., Kang, D.-S. (2013). High-Resolution Parameter Estimation Method to Identify Broken Rotor Bar Faults in Induction Motors. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60 (9), 4103–4117. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2012.2227912>
17. Lopez-Ramirez, M., Ledesma-Carrillo, L. M., Garcia-Guevara, F. M., Munoz-Minjares, J., Cabal-Yépez, E., Villalobos-Pina, F. J. (2020). Automatic Early Broken-Rotor-Bar Detection and Classification Using Otsu Segmentation. *IEEE Access*, 8, 112624–112632. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3002545>
18. Gangsar, P., Tiwari, R. (2020). Signal based condition monitoring techniques for fault detection and diagnosis of induction motors: A state-of-the-art review. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 144, 106908. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.106908>
19. Zolfaghari, S., Noor, S., Rezazadeh Mehrjou, M., Marhaban, M., Mariun, N. (2017). Broken Rotor Bar Fault Detection and Classification Using Wavelet Packet Signature Analysis Based on Fourier Transform and Multi-Layer Perceptron Neural Network. *Applied Sciences*, 8 (1), 25. doi: <https://doi.org/10.3390/app8010025>
20. Georgoulas, G., Mustafa, M. O., Tsoumas, I. P., Antonino-Daviu, J.A., Climente-Alarcon, V., Stylios, C. D., Nikolakopoulos, G. (2013). Principal Component Analysis of the start-up transient and Hidden Markov Modeling for broken rotor bar fault diagnosis in asynchronous machines. *Expert Systems with Applications*, 40 (17), 7024–7033. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.06.006>
21. Cameron, J. R., Thomson, W. T., Dow, A. B. (1986). Vibration and current monitoring for detecting airgap eccentricity in large induction motors. *IEE Proceedings B Electric Power Applications*, 133 (3), 155–163. doi: <https://doi.org/10.1049/ip-b.1986.0022>
22. Piedad, E. J., Chen, Y.-T., Chang, H.-C., Kuo, C.-C. (2020). Frequency Occurrence Plot-Based Convolutional Neural Network for Motor Fault Diagnosis. *Electronics*, 9 (10), 1711. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics9101711>
23. Combastel, C., Leseq, S., Petropol, S., Gentil, S. (2002). Model-based and wavelet approaches to induction motor on-line fault detection. *Control Engineering Practice*, 10 (5), 493–509. doi: [https://doi.org/10.1016/s0967-0661\(01\)00158-7](https://doi.org/10.1016/s0967-0661(01)00158-7)
24. Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Flannery, B. (1992). *Numerical recipes in C: the art of scientific computing*. Cambridge University Press, 994. Available at: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/148286>
25. Gang Niu, Son, J.-D., Widodo, A., Yang, B.-S., Hwang, D.-H., Kang, D.-S. (2007). A Comparison of Classifier Performance for Fault Diagnosis of Induction Motor using Multi-type Signals. *Structural Health Monitoring*, 6 (3), 215–229. doi: <https://doi.org/10.1177/1475921707081110>
26. Arabaci, H., Bilgin, O. (2012). Diagnosis of broken rotor bar faults by using frequency spectrum of stator current envelope. 2012 XXth International Conference on Electrical Machines. doi: <https://doi.org/10.1109/icelmach.2012.6350100>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233655**РОЗРОБКА МНОЖИННИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОСТОРІВ СУБ'ЄКТІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ (с. 6–14)****А. О. Білощицький, О. Ю. Кучанський, Ю. В. Андрашко, С. М. Омирбаєв, А. А. Мухатаєв, А. Р. Файзуллін, С. Н. Токсанов**

В роботі описано базовий понятійний апарат, який необхідний для формування інформаційних просторів суб'єктів наукової діяльності. Розроблено множинні моделі ідентифікації колективних та індивідуальних суб'єктів наукової діяльності, що включають інформацію про цитування публікацій суб'єктів, їх анотації, показники в наукометричних базах тощо. Описано концептуальну схему взаємодії колективних та індивідуальних суб'єктів наукової діяльності, враховуючи динаміку їх продуктивності.

Запропоновано метод формування інформаційних просторів колективних та індивідуальних суб'єктів наукової діяльності: закладів вищої освіти та науковців. Метод включає ряд етапів: ідентифікація та побудова мереж цитування та наукової співпраці, побудова предметних наукових просторів та на їх основі методів кількісного оцінювання продуктивності. Результати застосування методів формують складники відповідних інформаційних просторів суб'єктів наукової діяльності. Побудовані простори можуть бути використані для розв'язання задачі вибору суб'єктів для реалізації спільних наукових та освітніх проектів. Також простори можуть бути використані для формування організаційно-функціональної будови колективних суб'єктів наукової діяльності, включаючи їх структурні підрозділи, що сприяє забезпеченню сталості їх розвитку.

Формування інформаційних просторів суб'єктів наукової діяльності є в основі вирішення завдань, які дозволятимуть стимулювати інвестування у дослідження та інновації, посилити співпрацю між університетами, підвищити ефективність та продуктивність науково-дослідної діяльності. Підтверджено експериментально твердження про те, що потенціал колективного суб'єкта наукової діяльності, що включає індивідуальні суб'єкти, швидкість зміни ідентифікаторів яких додатна, буде мати невід'ємний потенціал. Розраховано швидкість зміни нормованих показників ідентифікаторів індивідуальних та колективних суб'єктів наукової діяльності за період з січня 2019 р. по грудень 2020 р. для трьох закладів вищої освіти.

Ключові слова: інформаційний простір, суб'єкт наукової діяльності, заклад вищої освіти, множинна модель.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234729**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЦІЛІСНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ (с. 15–23)****Gulmira Ospanova, Evgeniya Kukhareno, Maksym Ievlanov, Iryna Panforova**

Під час вирішення задачі забезпечення цілісності документів в сучасних інформаційних системах основна увага приділяється їх захисту від зміни несанкціонованим користувачем. При цьому рішення проблеми забезпечення збереження складу, змісту та взаємодій документів практично не розглядається. В той же час подібну проблему доволі часто приходиться вирішувати в процесі експлуатації інформаційних систем та систем управління підприємствами з нестабільними бізнес-процесами.

Для вирішення цієї проблеми запропонований підхід, який дозволяє уніфікувати рішення задач забезпечення цілісності паперових документів, що циркулюють у системі управління підприємством, електронних документів та даних, що зберігаються в інформаційній й системі. Здійснено аналіз існуючих моделей реєстру сервісів як засобу формального опису ресурсів інформаційної системи та системи управління підприємством на основі цієї інформаційної системи. Проведено модифікацію моделей елементів уніфікованого реєстру інформаційних ресурсів. Розвинуто модель забезпечення цілісності інформаційних ресурсів підприємства. Отримані вдосконалення дозволяють використовувати для вирішення задачі забезпечення цілісності інформаційних ресурсів існуючі зараз та багаторазово апробовані методи.

Виконано експериментальну перевірку вдосконалених моделей уніфікованого реєстру інформаційних ресурсів. Вирішення задачі забезпечення цілісності розглядалося для нормативного документу, який повинен змінити своє найменування та свій склад внаслідок дії зовнішнього та внутрішніх факторів. Показано, що використання запропонованих результатів дозволяє вирішувати задачу забезпечення цілісності таких інформаційних ресурсів, як паперові нормативні документи системи управління підприємством, в межах уніфікованого реєстру інформаційних ресурсів існуючими методами СУБД систем управління базами даних.

Ключові слова: інформаційна система, документ, інформаційний ресурс, цілісність цілісність ресурсу, предикат, реєстр сервісів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233417**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПЕРШОГО ЕТАПУ ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (с. 24–34)****С. Г. Семенов, Zhang Liqiang, Cao Weiling, В. В. Давидов**

Проведено аналіз методик тестування безпеки програмного забезпечення, а також моделей і методів виявлення вразливостей. Виявлено проблему аргументованого вибору підходів моделювання на різних етапах процесу тестування безпеки програмного забезпечення і виявлення його вразливостей, що знижує в цілому точність отриманих результатів моделювання.

Визначено два етапи процесу виявлення вразливостей програмного забезпечення. Розроблена математична модель процесу підготовки до тестування безпеки, яка відрізняється від відомих теоретично обґрунтованим вибором виробляючої функції моментів, при описі переходів зі стану в стан. Також, в математичній моделі враховані можливості та ризики етапу перевірки вихідного коду на предмет криптографічних та інших способів захисту даних. Зазначені особливості в цілому підвищують точність результатів моделювання і знижують невизначеність вхідних даних на другому етапі тестування безпеки програмного забезпечення. Розроблено вдосконалений алгоритм перевірки відповідності за критерієм безпеки, відмітною особливістю якого є вибір законів і параметрів розподілу, що описують окремі переходи зі стану в стан для окремих гілок Graphical Evaluation and Review Technique – мереж (GERT-мереж). Розроблено GERT-мережу процесу підготовки до тестування безпеки. Розроблено GERT-мережу процесу перевірки вихідного коду на предмет криптографічних та інших способів захисту даних. Розроблено графоаналітичну GERT-модель першого етапу тестування програмного забезпечення на безпеку. Представлені в статті вираження можуть бути використані для надання попередніх рекомендацій і можливих шляхів підвищення ефективності алгоритмів тестування безпеки програмного забезпечення.

Ключові слова: програмне забезпечення, тестування безпеки, графоаналітична модель, кіберзагрози, безпека програмного забезпечення, захист даних.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229568

РОЗРОБКА МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВХІДНОГО ОБ'ЄКТУ НА ОСНОВІ ОБ'ЄДНАННЯ ЄДИНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОСТОРІВ (с. 35–44)

В. Є. Мухін, В. В. Завгородній, Я. І. Корнага, Г. А. Завгородня, Є. В. Крилов, А. В. Рибалочка, В. І. Корнага, Р. В. Белоус

Запропоновано метод пошуку вхідного об'єкта для однозначної його ідентифікації, заснований на об'єднанні інформаційних просторів в проміжний єдиний інформаційний простір. При цьому, процес ідентифікації вхідного об'єкта здійснюється за відповідними ознаками.

Описано процес розміщення інформаційних об'єктів в єдиному інформаційному просторі, який формується для комплексу об'єктів, що динамічно змінюються. Слід зазначити, що кожен із суб'єктів комплексу виконує збір інформації про навколишнє середовище, в тому числі про взаємодію з іншими об'єктами. У процесі формування єдиного інформаційного простору інформаційна система збирає інформацію з джерел даних, які представлені різними форматами. Далі система перетворює цю інформацію та формує єдиний інформаційний простір, тим самим надає користувачам інформацію про об'єкти.

Розглянуто дворівневу систему зв'язків на глобальній (рівень хмари) і локальній (рівень туману) взаємодіях. При цьому, слід зазначити, що для формування єдиного інформаційного простору потрібно реалізувати засоби підтримки перетворення інформаційних об'єктів і для цього на різних рівнях потрібна реалізація перекладачів – спеціальних перетворювачів.

Запропоновано метод об'єднання інформаційних просторів в проміжний єдиний інформаційний простір, а також проведений аналіз часу і ефективності пошуку в ньому вхідних об'єктів.

Експериментально було встановлено, що чим більше параметрів, які описують інформаційний об'єкт, тим менше час ідентифікації об'єкта залежить від довжини інтервалу.

Також експериментально показано, що ефективність пошуку вхідних об'єктів наближається до прямо пропорційної залежності при зменшенні довжини інтервалу і збільшенні числа параметрів і навпаки.

Ключові слова: єдиний інформаційний простір, ідентифікація об'єкта, параметр вхідного об'єкта, інформаційний об'єкт, метод пошуку.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235802

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ МЕТОДІВ ВБУДОВИ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ В ЦИФРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ (с. 45–56)

О. М. Маковейчук, І. В. Рубан, Н. М. Бологова, А. А. Коваленко, В. О. Мартовицький, Т. В. Філімончук

Представлено методику підвищення стійкості методів вбудови цифрового водяного знаку в цифрові зображення. Розроблена методика підвищення стійкості методів вбудови цифрових водяних знаків в цифрові зображення, яка основана на псевдоголографічному кодуванні та додатковій фільтрації цифрового водяного знаку. Описана у роботі методика з використанням псевдоголографічного кодування цифрових водяних знаків є ефективною для всіх типів атак, що розглядалися, окрім повороту зображення. В роботі представлено статистичний показник оцінки стійкості методів нанесення цифрових водяних знаків. Показник дозволяє комплексно оцінити стійкість методу до певного ряду атак. Проведено експериментальне дослідження, щодо запропонованої методики. Найбільш ефективною ця методика є при втраті частини зображення. При попередній фільтрації цифрового водяного знаку найбільш ефективним є третій метод фільтрації, що представляє собою усереднення по клітинці з подальшою бінаризацією. Найменш ефективним є перший метод, що представляє собою бінаризацію та знаходження статистичної моди по клітинці. Для атаки афінного типу, що представляє собою поворот зображення, даний метод є ефективним тільки при компенсації повороту. Для оцінки кута повороту знаходиться матриця афінного перетворення, що отримується по узгодженому набору відповідних ORB-дескрипторів. Використання цього методу дозволяє безпомилково виділяти цифровий водяний знак для всього діапазону кутів, що досліджувалися. Проведення комплексної оцінки методики підвищення стійкості методу нанесення цифрового водяного знаку на основі Вейвлет перетворень показало, що дана методика на 20 % краще протидіє різним типам атак.

Ключові слова: цифрові водяні знаки, методи стеганографії, псевдоголографічне кодування, дискретне косинусне перетворення, афінне перетворення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234447

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ АВАРІЙНОСТІ У ПЕРЕХІДНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ (с. 57–66)

І. Є. Войтецький, Т. О. Войтецька, Л. В. Вишневський, І. П. Козирев, О. Б. Максимова, М. В. Максимов, В. І. Кривда

Запропоновано метод підвищення продуктивності за рахунок зниження аварійності в судновій електроенергетичній установці в перехідних експлуатаційних режимах. Даний метод заснований на зменшенні кількості помилок обслуговуючого персоналу за допомогою модельно-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень. Для реалізації запропонованого методу була вдосконалена структура системи автоматичного управління судновою електроенергетичною установкою. Удосконалення системи управління полягало в інтеграції в її структуру блоку моделювання і блоку підтримки прийняття рішень. Блок моделювання дозволяє спрогнозувати значення контрольованих параметрів перехідного режиму експлуатації до їх реальної появи в системі в результаті дій оператора. Для цього блоку була розроблена математична модель системи автоматичного управління в перехідних експлуатаційних режимах. Для реалізації блоку підтримки-прийняття рішень був розроблений метод формалізації завдання управління електроенергетичною установкою в перехідних експлуатаційних режимах. Суть методу полягає в моделюванні перехідного експлуатаційного режиму з подальшою оцінкою результатів на підставі вимог нормативних документів і емпіричного критерію оцінки якості включення дизель-генераторів в паралельну роботу. Також для блоку підтримки-прийняття рішень був розроблений метод зниження аварійності та підвищення продуктивності за допомогою математичного апарату нечіткого висновку, нечіткої логіки і нечітких множин. Були досліджені перехідні експлуатаційні режими, що виникали в результаті помилкових дій оператора на практиці під час рейсів суден. В результаті використання запропонованої системи підвищується продуктивність електроенергетичної установки.

Ключеві слова: модельно-орієнтована система, метод підвищення безаварійності та продуктивності, аварійність, продуктивність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234202

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ В ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ (с. 67–78)

В. М. Синєглазов, Д. П. Карабєцький, О. І. Чумаченко

Представлено підхід до оптимізації структури гібридної сонячної енергетичної системи (ГЕС), який використовується в задачі автоматизованого проектування, в двох режимах: незалежному і з підключенням до мережі. Запропонована ГЕС складається з сонячної енергетичної системи (СЕС), системи зберігання енергії (СХЕ) на основі акумуляторних батарей (АКБ), набір дизельних генераторів (ДГ) і системи взаємодії з мережею. У статті визначено моделі потужності елементів ГЕС, запропонований алгоритм управління на основі правил для оцінки стану системи під час роботи.

Енергетичні моделі в зв'язі з алгоритмом управління дозволяють провести етап моделювання роботи системи для заданого інтервалу часу. Запропонований підхід заснований на використанні вирішенні задачі багатокритеріальної оптимізації (МКО). МКО враховує мінімізацію системних витрат і загальної вартості системи, мінімізацію використання палива, максимізацію надійності і мінімізацію використання невідновлюваних джерел енергії. Рішення завдання МКО засноване на використанні алгоритму пошуку Парето-оптимальних рішень в основі якого використовуються генетичний алгоритм NSGA-II використовуючи запропонований набір операторів схрещування, мутації і селекції. Розроблена процедура дозволяє визначити структуру ГЕС, яка включає набір кількості сонячних панелей, АКБ і ДГ. В результаті представлені три варіанти ГЕС для домогосподарства на двох осіб (м. Київ, Україна) в автономному режимі і в режимі з підключенням до електромережі. За рахунок можливості продажу електроенергії за зеленим тарифом протягом року знайдене рішення дозволяє знизити оціночну вартість системи до 45 %. Надано детальний аналіз поведінки системи в перебігу року завдяки використанню імітаційного моделювання.

Ключові слова: гібридна сонячна енергетична система, багатокритеріальна оптимізація, автоматизоване проектування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.234235

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИДАЛЕННЯ МЕТАЛОВКЛЮЧЕНЬ ІЗ СИПУЧОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА (с. 79–87)

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

Сучасна технологія ведення виробництва вимагає від постачальників і джерел сировини високої чистоти, особливо через можливість наявності в ній металовключень різнорідних металів. Наявність в сировині металовключень різнорідних металів призводить до виходу з ладу обладнання, зниження якості вихідної продукції і як наслідок великих фінансових втрат. Так як основним методом транспортування сировини на виробництві залишається конвеєрна стрічка, це накладає додаткові умови при контролі і видаленні металовключень. В силу різних причин існуючі методи видалення металовключень в умовах конвеєрної стрічки не задовольняють в повній мірі потреби сучасного виробництва. Основною проблемою існуючих систем видалення є відсутність інтелектуальної насиченості даних систем та відсутність обміну інформацією між системою виявлення металовключень і системою їх видалення. Запропоновано альтернативний метод видалення металовключень різнорідних металів із сипучого середовища, що полягає у тандемії роботі системи виявлення металовключень із системою їх видалення. Тандемна робота двох систем дозволяє здійснювати обмін інформацією про виявлене металовключення і як результат більш гнучко використовувати органи видалення металовключення в залежності від розмірів і місця розташування металовключення відносно осі конвеєрної стрічки. При цьому блок управління системи видалення дозволяє здійснювати управління самою конвеєрною стрічкою, що дає змогу виконати видалення складних металовключень через ре-

верс електроприводу самої стрічки а також здійснювати контрольну перевірку факту видалення. Розроблений алгоритм роботи системи видалення було реалізовано в програмному середовищі TIA-Portal. Впровадження даної системи видалення дозволить зменшити кількість металовключень у сировині на 15–20 %, а її використання не обмежується тільки однією галуззю народного господарства.

Ключові слова: металовключення, конвеєрна стрічка, система виявлення, система видалення, магнітний сепаратор, електромагніт.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227315

ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ОБРИВУ СТРИЖНІВ РОТОРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ ОБВІДНОЇ СТРУМУ І НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (с. 88–95)

Mohammed Obaid Mustafa

Зростаючий попит на надійні технології виробництва прискорив дослідження в області моніторингу стану та діагностики несправностей критично важливих деталей двигуна. З іншого боку, в сучасній промисловості все більш необхідним стає технічне обслуговування машин. Недостатня стратегія технічного обслуговування може призвести до невиправдано тривалого простою або аварійного виходу машини з ладу, що призведе до значних фінансових і навіть людських втрат. В результаті несправності збільшуються простої і витрати на ремонт. Тому, одним з рішень цієї проблеми може бути розробка методу онлайн-моніторингу стану. Раннє виявлення несправностей має велике значення, оскільки їхня кількість швидко зростає, що може викликати додаткові проблеми з двигуном. У даній статті пропонується ефективна стратегія класифікації обривів стрижнів ротора (ОСР) асинхронних двигунів (АД) з використанням нового підходу, заснованого на штучній нейронній мережі (ШНМ) і обвідній струму статора. Обвідна струму статора вилучається за допомогою процесу інтерполяції кубічними сплайнами. Він заснований на ідеї, що за допомогою обвідної струму двигуна можна виявити амплітудно-модульований сигнал струму двигуна. Обвідна струму статора використовується для вибору семи ознак, які будуть використовуватися в якості вхідних даних для нейронної мережі. У дослідженні експериментально використані п'ять станів АД, які включають обрив частини стрижня ротора, обрив 1 стрижня ротора, обрив 2 стрижнів ротора і обрив 3 стрижнів ротора. Згідно з результатами експерименту, новий підхід до виділення і вибору ознак забезпечує більш високий рівень точності, ніж звичайний метод класифікації несправностей двигуна. Результати дійсно вражають, він здатний визначати точну кількість обривів стрижнів ротора в умовах повного навантаження.

Ключові слова: класифікація обривів стрижнів ротора, обвідна струму статора, нейронна мережа, виявлення і діагностика несправностей, асинхронні двигуни.