

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311751

DEVELOPMENT OF A CONCEPT OF COMBINED PROJECT-PRODUCTION ACTIVITIES PLANNING USING DIGITAL TWINS (p. 6–17)**Petro Pavlenko**Zhejiang Ocean University
Haida South Road, 1, Lincheng Changzhi Island,
Zhoushan, Zhejiang, ChinaORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2581-230X>**Iurii Teslia**

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5185-6947>**Iulia Khlevna**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1874-1961>**Oleksii Yehorchenkov**

Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1390-5311>**Nataliia Yehorchenkova**

Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5970-0958>**Yevheniia Kataieva**

Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9668-4739>**Andrii Khlevnyi**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8942-6670>**Vitalii Veretelnik**Bohdan Khmelnytsky National University
of Cherkasy, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5684-7361>**Tatiana Latysheva**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6349-5715>**Liubov Kubiavka**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5397-1585>

The object of the study is the project-production activity of project-oriented enterprises in the fields of mechanical engineering, aircraft construction, shipbuilding, instrumentation, and metallurgy.

The problem addressed was the informational integration and synchronization of project management processes, implemented by a specific project-oriented enterprise, with the management of its production processes using digital twins. The solution to this problem is aimed at improving the efficiency of project-production management by utilizing digital twins of projects and production in the planning process.

The influence of trends on the development of digital technologies was analysed. The need to consider both project and operational activities of enterprises in mechanical engineering, aircraft construction, shipbuilding, instrumentation, and metallurgy as a single project-production activity was identified. It was shown that this approach can be successful when processes and changes in project-

production activity can be modelled, forming a rational plan for product release and project execution. The use of digital twins for objects and processes in project-production activities was proposed.

The aim and objectives of the study were formulated, focusing on the creation of a concept for planning project-production activities using digital twins for objects and processes in both project and operational activities.

The concept defines the structure of the digital environment for project-oriented production, a model of the interpenetration of project and production planning processes, an aggregated critical path method, and simulation modelling for planning project-production activities using digital twins. It was shown that to model project-production activities, models and methods for managing the interaction between the operational and project processes of the company must be applied. It was proposed to use the scientific and practical tools of information interaction theory to manage this interaction.

The results of applying the concept in project-oriented companies were demonstrated. The use of tools created based on the proposed concept allowed a reduction in project execution time by 10–15 % and a decrease in production costs by 5–10 % due to effective planning of project-production processes.

Keywords: digital project management, digital twins, information technology in project management, digital transformation.

References

- Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., Giallanza, A. (2021). Industry 4.0 Technologies for Manufacturing Sustainability: A Systematic Review and Future Research Directions. *Applied Sciences*, 11 (12), 5725. <https://doi.org/10.3390/app11125725>
- da Silva Mendonça, R., de Oliveira Lins, S., de Bessa, I. V., de Carvalho Ayres, F. A., de Medeiros, R. L. P., de Lucena, V. F. (2022). Digital Twin Applications: A Survey of Recent Advances and Challenges. *Processes*, 10 (4), 744. <https://doi.org/10.3390/pr10040744>
- Raj, P. (2021). Empowering digital twins with blockchain. *The Blockchain Technology for Secure and Smart Applications across Industry Verticals*, 267–283. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2020.08.013>
- Marnewick, C., Marnewick, A. L. (2022). Digitalization of project management: Opportunities in research and practice. *Project Leadership and Society*, 3, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2022.100061>
- Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 130, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>
- Shcheglov, V., Morozova, O. (2022). Methods and technologies for the development of digital twins for guarantee-capable systems of the industrial internet of things. *Control, Navigation and Communication Systems. Academic Journal*, 4 (70), 127–137. <https://doi.org/10.26906/sunz.2022.4.127>
- Digital Twin Market. *Markets and Markets*. Available at: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>
- Costantini, A., Di Modica, G., Ahouangonou, J. C., Duma, D. C., Martelli, B., Galletti, M. et al. (2022). IoTwins: Toward Implementation of Distributed Digital Twins in Industry 4.0 Settings. *Computers*, 11 (5), 67. <https://doi.org/10.3390/computers11050067>

9. Consortium. Change2Twins. Available at: <https://www.change2twin.eu/about/consortium/>
10. Consortium. DIGITbrain. Available at: <https://www.digitbrain.eu/consortium/>
11. Bellavista, P., Di Modica, G. (2024). IoTwins: Implementing Distributed and Hybrid Digital Twins in Industrial Manufacturing and Facility Management Settings. *Future Internet*, 16 (2), 65. <https://doi.org/10.3390/fi16020065>
12. Borghesi, A., Di Modica, G., Bellavista, P., Gowtham, V., Willner, A., Nehls, D. et al. (2021). IoTwins: Design and Implementation of a Platform for the Management of Digital Twins in Industrial Scenarios. 2021 IEEE/ACM 21st International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid). <https://doi.org/10.1109/ccgrid51090.2021.00075>
13. Villalonga, A., Negri, E., Biscardo, G., Castano, F., Haber, R. E., Fumagalli, L., Macchi, M. (2021). A decision-making framework for dynamic scheduling of cyber-physical production systems based on digital twins. *Annual Reviews in Control*, 51, 357–373. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2021.04.008>
14. Wang, Y., Wu, Z. (2020). Model construction of planning and scheduling system based on digital twin. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109 (7-8), 2189–2203. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05779-9>
15. Novák, P., Vyskočil, J., Wally, B. (2020). The Digital Twin as a Core Component for Industry 4.0 Smart Production Planning. *IFAC-PapersOnLine*, 53 (2), 10803–10809. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2865>
16. Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., Zhao, D. (2018). Digital Twin Service towards Smart Manufacturing. *Procedia CIRP*, 72, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103>
17. Zhao, P., Liu, J., Jing, X., Tang, M., Sheng, S., Zhou, H., Liu, X. (2020). The Modeling and Using Strategy for the Digital Twin in Process Planning. *IEEE Access*, 8, 41229–41245. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2974241>
18. Jiang, Y., Li, M., Li, M., Liu, X., Zhong, R. Y., Pan, W., Huang, G. Q. (2022). Digital twin-enabled real-time synchronization for planning, scheduling, and execution in precast on-site assembly. *Automation in Construction*, 141, 104397. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104397>
19. Zhuang, C., Liu, J., Xiong, H. (2018). Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96 (1-4), 1149–1163. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1617-6>
20. Muller-Zhang, Z., Antonino, P. O., Kuhn, T. (2020). Dynamic Process Planning using Digital Twins and Reinforcement Learning. 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). <https://doi.org/10.1109/etfa46521.2020.9211946>
21. Teslia, I., Khlevna, I., Yehorchenkov, O., Yehorchenkova, N., Grigor, O., Kataeva, Y. et al. (2022). Development of the concept of building project management systems in the context of digital transformation of project-oriented companies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (120)), 14–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268139>
22. Teslia, I., Grygor, O., Khlevna, I., Yehorchenkova, N., Yehorchenkov, O. (2021). Structure And Functions of Supporting Subsystems in Management of Project-Oriented Businesses of Companies. 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2851, 379–382. <https://doi.org/10.1109/csit52700.2021.9648763>
23. Brandl, F. J., Roeder, N., Hehl, M., Reinhart, G. (2021). Selecting practices in complex technical planning projects: A pathway for tailoring agile project management into the manufacturing industry. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 33, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.03.017>
24. Yegorchenkova, N. I. (2012) Integration of matrix technologies and critical chain method and resource management of portfolios of projects and programs. *Collection of scientific works "Management of complex systems development"*, 7, 30–35.
25. Wagner, R., Schleich, B., Haefner, B., Kuhnle, A., Wartzack, S., Lanza, G. (2019). Challenges and Potentials of Digital Twins and Industry 4.0 in Product Design and Production for High Performance Products. *Procedia CIRP*, 84, 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.219>
26. Bécue, A., Maia, E., Feeken, L., Borchers, P., Praça, I. (2020). A New Concept of Digital Twin Supporting Optimization and Resilience of Factories of the Future. *Applied Sciences*, 10 (13), 4482. <https://doi.org/10.3390/app10134482>
27. Vachalek, J., Bartalsky, L., Rovny, O., Sismisova, D., Morhac, M., Loksik, M. (2017). The digital twin of an industrial production line within the industry 4.0 concept. 2017 21st International Conference on Process Control (PC). <https://doi.org/10.1109/pc.2017.7976223>
28. Pavlenko, P. M. (2024). Digital doubles and additive technologies in metalworking industries. XIV international scientific and practical conference "Complex quality assurance of technological processes and systems". *Chernihiv*, 139–142. Available at: https://drive.google.com/file/d/1s2IU7CHhsXHLKxCXEVMEM_AxquSi6b0q/view
29. Teslia, I., Yegorchenkov, O., Khlevna, I., Yegorchenkova, N., Kataeva, Y., Khlevny, A., Klevanna, G. (2023). Development of the Concept of Intelligent Add-On over Project Planning Instruments. *Information Technology for Education, Science, and Technics*, 149–161. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_10
30. Teslia, I., Khlevna, I., Yehorchenkov, O., Latysheva, T., Grigor, O., Tryus, Y. et al. (2021). Development of a method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (114)), 83–92. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247248>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313050
DEVISING A PROJECT RISK MANAGEMENT METHOD UNDER SCRUM CONDITIONS BASED ON COGNITIVE APPROACH (p. 18–26)

Tetiana Prokopenko

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6204-0708>

Oleg Grygor

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5233-290X>

Valentyn Prokopenko

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3013-7676>

Olha Lavdanska

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5571-2281>

Any project implemented using Scrum is characterized by the impact of risks, including negative changes in the environment and crisis circumstances. Therefore, the processes related to risk management, which is the object of this paper, become important. The problem solved in this study is to improve the efficiency of projects through the construction of a long-term strategy for reducing the level of risk and avoiding negative consequences for projects in the context of Scrum. The proposed method of risk management has been developed on the basis of the application of the synthesis of management of intelligent decision-making technologies and formalized methods. Difficult external circumstances are characterized by a high degree of uncertainty and do not always contribute to the successful implementation of the project. Therefore, this method of project risk management under Scrum conditions based on a cognitive approach is characterized by a combined combination of cognitive analysis, mathematical modeling, and expert methods. As part of the method, a model of project risk management under Scrum conditions has been built in the form of a fuzzy cognitive map, which could ensure determining the optimal strategic decision in dynamics, taking into account the effects of various factors. The result of applying this method is compliance with time limits, reduction of overspending of resources and losses in the project, as well as adaptation to rapidly changing circumstances and adequate response.

The method of project risk management is characterized by solving the problem of formalizing management decision-making procedures and their information support, taking into account the availability of both quantitative and qualitative data. Within the framework of this method, a project risk management procedure under Scrum conditions has been proposed, which contributes to the systematization, monitoring, and control of risks under the conditions of complex, rapidly changing crisis circumstances.

Keywords: project, risks, Scrum, fuzzy cognitive map, factor, decision-making, information.

References

- Hong, B., Ly, M., Lin, H. (2023). Robotic Process Automation Risk Management: Points to Consider. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 20 (1), 125–145. <https://doi.org/10.2308/jeta-2022-004>
- Practice Standard for Project Risk Management (2009). Project Management Institute, 116.
- Verma, K. K., Ospanova, A. (2022). Risk Management. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 11 (12), 14315.
- A Guide to the Project Management Body of Knowledge (2013). Project Management Institute, 589.
- Benov, D. M. (2016). The Manhattan Project, the first electronic computer and the Monte Carlo method. *Monte Carlo Methods and Applications*, 22 (1), 73–79. <https://doi.org/10.1515/mcma-2016-0102>
- Freedman, D. (2009). *Statistical Models: Theory and Practice*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139165495>
- Stulp, F., Sigaud, O. (2015). Many regression algorithms, one unified model: A review. *Neural Networks*, 69, 60–79. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2015.05.005>
- Leha, Yu. H., Prokopenko, T. O., Danchenko, O. B. (2010). Ekspertni protsedury ta metody pryiniattia rishen v investytsiynykh proektakh. *Visnyk ChDTU*, 2, 69–73.
- Prokopenko, T., Lavdanska, O., Povolotskyi, Y., Obodovskyi, B., Tarasenko, Y. (2021). Devising an integrated method for evaluating the efficiency of scrum-based projects in the field of information technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (113)), 46–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242744>
- Prokopenko, T., Lanskykh, Y., Prokopenko, V., Pidkuiko, O., Tarasenko, Y. (2023). Development of the comprehensive method of situation management of project risks based on big data technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (121)), 38–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.274473>
- Glowka, G., Hule, R., Zehrer, A. (2024). Risk perception of SMEs: strategic risks, family-related risks, external risks. *Risk Management*, 26 (4). <https://doi.org/10.1057/s41283-024-00148-2>
- Abbas, D. S., Ismail, T., Taqi, M., Yazid, H. (2021). Determinants of enterprise risk management disclosures: Evidence from insurance industry. *Accounting*, 7 (6), 1331–1338. <https://doi.org/10.5267/j.ac.2021.4.005>
- Willumsen, P. L., Oehmen, J., Selim, H. M. R. (2024). Project risk management in practice: the actuality of project risk management in organizations. *International Journal of Managing Projects in Business*, 17 (4/5), 593–617. <https://doi.org/10.1108/ijmpb-09-2023-0214>
- Tak, A., Sunil Chahal, S. C. (2024). Risk Management in Agile AI/ML Projects: Identifying and Mitigating Data and Model Risks. *Journal of Technology and Systems*, 6 (3), 1–18. <https://doi.org/10.47941/jts.1824>
- Prokopenko, T., Grigor, O. (2018). Development of the comprehensive method to manage risks in projects related to information technologies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (92)), 37–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.128140>
- Taber, W. R. (1994). Fuzzy Cognitive Maps Model Social Systems. *Artificial Intelligence Expert*, 9, 18–23.
- Liu, Z.-Q., Zhang, J. Y. (2003). Interrogating the structure of fuzzy cognitive maps. *Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, 7 (3), 148–153. <https://doi.org/10.1007/s00500-002-0202-x>
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
- Prokopenko, T. O., Ladaniuk, A. P. (2015). *Informatsiyni tekhnolohiyi upravlinnia orhanizatsiyno-tekhnolohichnymy systemamy*. Cherkasy: Vertykal, vydavets Kandych S.H., 224.
- Sawaragi, T., Iwai, S., Katai, O. (1986). An integration of qualitative causal knowledge for user-oriented decision support. *Control Theory and Advanced Technology*, 2, 451–482.
- Fedyk, O., Fedyk, S. (2024). Project Risk Management: modern trends and effective practices. *Visegrad Journal on Human Rights*, 6, 45–50. <https://doi.org/10.61345/1339-7915.2023.6.8>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312886

USING EXPERT EVALUATION FOR SELECTING AN ARCHITECTURAL SOLUTION FOR A SPECIALIZED SOFTWARE SYSTEM THAT MONITORS THE STATE OF POTENTIALLY HAZARDOUS FACILITIES (p. 27–40)

Vladyslav Sokolovskyi

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2381-3373>

Eduard Zharikov

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1811-9336>

Sergii Telenyk

Cracow University of Technology, Krakow, Poland
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9202-9406>

The object of this study is the software and architectural solutions for specialized systems that monitor the state of potentially hazardous facilities (hereinafter, PHF). The problem solved was the choice of a successful option for an architectural solution and the specialized software composition of such systems. A change in the architectural solutions and the composition of the software for monitoring the state of PHF is necessary because such systems are usually designed on the basis of the principle of parametric control over the main parameters of PHF. Such monitoring systems record the achievement of the pre-critical (or critical) value of one (or several) parameters characterizing the state of the object. Therefore, operational personnel have little time to implement measures to prevent accidents.

The essence of the results is that, based on the use of expert evaluation, a methodology was devised for quantitative assessment of the architecture, the composition of specialized software and methods for monitoring the state of PHF. According to this methodology, one of the three possible alternative options for building an automated system for monitoring the state of PHF was chosen.

It was possible to solve the task to choose the architecture, methods, and composition of the software for a PHF state monitoring system owing to the implementation of expert evaluation, which enabled a shift from qualitative to quantitative evaluation.

The chosen option for building a system for monitoring the state of PHF is resistant to interference and allows for the detection of the threat of an emergency at the facility 1–3 hours earlier through the implementation of subsystems for forecasting changes in the state of PHF and diagnosing the state of the object. This ensures damage reduction and prevents injury to people.

Keywords: Internet of Things, monitoring systems, expert assessment, architectural solutions, software.

References

- Internet of Things (iot). Available at: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
- Sokolovskiy, V. (2023). Architectural solution for the distribution of software and hardware systems for monitoring potentially unsafe objects. *International Journal of GEOMATE*, 25 (109). <https://doi.org/10.21660/2023.109.m2314>
- Sokolovskiy, V. V. (2022). Akhitektura prohramno-aparatnoi systemy monitorynhu stanu ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky z mozhlyvistiuh prohnozuvannya vynykennia nadzvychainoi sytuatsii. *Inzheneriya prohramnoho zabezpechennia i peredovi informatsiini tekhnolohii (SoftTech-2022): materialy II ta III Vseukrainskykh naukovo-praktychnykh konferentsii molydykh vchenykh ta studentiv, prysviachenykh 125-y richnytsi KPI im. Ihoria Sikorskoho*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, IPI FIOT, 64–68.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27 (3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Hamming, R. W. (1950). Error Detecting and Error Correcting Codes. *Bell System Technical Journal*, 29 (2), 147–160. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1950.tb00463.x>
- Tolentino, L. K. S., Valenzuela, I. C., Serfa Juan, R. O. (2019). Overhead Interspersion of Redundancy Bits Reduction Algorithm by Enhanced Error Detection Correction Code. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 12 (2). Available at: <http://www.jestr.org/downloads/Volume12Issue2/fulltext51222019.pdf>
- Koppala, N., Subhas, C. (2022). Low overhead optimal parity codes. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 20 (3), 501. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v20i3.23301>
- Toghuj, W. (2020). Modifying Hamming code and using the replication method to protect memory against triple soft errors. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18 (5), 2533. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v18i5.13345>
- Saiz-Adalid, L.-J., Gil, P., Ruiz, J.-C., Gracia-Moran, J., Gil-Tomas, D., Baraza-Calvo, J.-C. (2016). Ultrafast Error Correction Codes for Double Error Detection/Correction. 2016 12th European Dependable Computing Conference (EDCC), 108–119. <https://doi.org/10.1109/edcc.2016.28>
- Sokolovskiy, V., Zharikov, E., Telenyk, S. (2024). Development of the method of detecting and correcting data transmission errors in IoT systems for monitoring the state of objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (127)), 22–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298476>
- Ivanchuk, Y. V., Yarovyi, A. A., Koval, K. O. (2019). Numerical simulation method of hydrodynamic processes. *Information Technology and Computer Engineering*, 44 (1), 37–45. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2019-44-1-37-45>
- Pryshlyak, V. M., Dubchak, V. M. (2020). Finding the value of the pressure force on underwater hydraulic structures in design and construction practice and agro-engineering training of specialists. *Technique, energy, transport of the agro-industrial complex: VNAU*, 1 (108), 111–122. Available at: <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/card.php?lang=en&id=25634>
- Sokolovskiy, V., Zharikov, E., Telenyk, S. (2024). Software and algorithmic support as part of regional systems for monitoring the state of objects for calculation of filtration through earthen hydraulic structures. *Naukovij Zhurnal "Tehnika Ta Energetika"*, 15 (2), 130–144. <https://doi.org/10.31548/machinery/2.2024.130>
- Kupin, A., Kuznetsov, D., Muzyka, I., Paraniuk, D., Serdiuk, O., Suvorov, O., Dvornikov, V. (2018). The concept of a modular cyberphysical system for the early diagnosis of energy equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (94)), 71–79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139644>
- Hnatiienko, H., Tmienova, N., Kruglov, A. (2020). Methods for Determining the Group Ranking of Alternatives for Incomplete Expert Rankings. *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*, 217–226. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_21
- Saaty, T. L. (2011). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313086
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR
ANALYZING AND FORECASTING THE STATE
OF MULTIDIMENSIONAL OBJECTS USING A
METAHEURISTIC ALGORITHM (p. 41–47)

Aqeel Bahr Tarkhan

Al Taff University College, Karbala, Republic of Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7478-6662>

Oleg Sova

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

Andrii Lebedynskyi

Kharkiv National Automobile and
 Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5086-8209>

Yurii Dehtiar

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5615-2474>

Oleksandr Lytvynenko

Military Institute of Taras Shevchenko
 National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-6541-3621>

Dmytro Minochkin

National Technical University of Ukraine
 "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4988-7098>

Dmytro Petrukovich

Kharkiv National Automobile and
 Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0232-2885>

Ihor Pimonov

Kharkiv National Automobile and
 Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6100-3529>

Viktor Kosolapov

Kharkiv National Automobile and
 Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0000-5277>

Dmytro Honcharuk

The National University of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-3636>

The object of the study is multidimensional objects. The problem solved in the study is to increase the efficiency of assessing the state of multidimensional objects, regardless of the number of dimensions of object state assessment. The subject of the study is the process of assessing the state of multidimensional objects using an advanced butterfly optimization algorithm (BOA), an advanced genetic algorithm and evolving artificial neural networks.

The originality of the study is as follows:

- the initial setting of butterfly agents (BA) on the plane of multidimensional objects is carried out taking into account the type of uncertainty using appropriate correction factors for the degree of awareness of nectar source locations (in our case, priority search directions);
- adjusting the initial BA velocity allows determining search priority;
- the fitness of BA nectar collection sites is determined, which reduces the time for assessing the state of multidimensional objects;

– the possibility of global restart of the algorithm, which allows the algorithm to go beyond the current optimum and improve the exploration ability, which reduces the time for assessing the state of multidimensional objects;

– the possibility of clarification at the stage of collecting nectar clusters due to ranking nectar sources by the level of stimulus intensity;

– improved ability to select the best BA in comparison with traditional selection using an advanced genetic algorithm.

The proposed method should be used to solve the problems of assessing the state of multidimensional objects under uncertainty and risks characterized by a high degree of complexity. The method showed a 14–16 % increase in the efficiency of assessing the state of multidimensional objects.

Keywords: multidimensional objects, advanced genetic algorithm, artificial neural networks, swarm algorithms.

References

1. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. Ozbroiennia ta viiskova tekhnika, 1 (5), 35–40.
2. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (2 (105)), 37–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
3. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 30–40. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
4. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 78–89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
5. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
6. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Y., Trotsko, O., Neroznak, Y. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9 (4), 5583–5590. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>
7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 11 (5), 37–44. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
8. Rotshtein, A. P. (1999). Intellektualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neironnye seti. Vinnytsia: "UNIVERSUM", 320.
9. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor

- manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
10. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
 11. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
 12. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
 13. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
 14. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
 15. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
 16. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
 17. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
 18. Koval, M., Sova, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Garashchuk, N., Yivzhenko, Y. et al. (2022). Improving the method for increasing the efficiency of decision-making based on bio-inspired algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (120)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268621>
 19. Maccarone, A. D., Brzorad, J. N., Stone, H. M. (2008). Characteristics And Energetics Of Great Egret And Snowy Egret Foraging Flights. *Waterbirds*, 31 (4), 541–549. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.4.541>
 20. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskyi, T. et al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313934
THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE RELIABILITY OF THE ASSESSMENT OF THE STATE OF THE OBJECT (p. 48–54)

Mohammed Jasim Abed Alkhafaji
 Al-Taff University College, Karbala, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4405-0897>

Nina Kuchuk
 National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0784-1465>

Iraida Stanovska
 Odesa National University "Odesa Polytechnic", Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5884-4228>

Yurii Artabaiev
 Yevhenii Bereznyak Military Academy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9446-3011>

Olena Nechyporuk
 National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8203-7998>

Anastasiia Voznytsia
 National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3767-7354>

Yevhenii Tupota
 National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7278-984X>

Yuliia Samoilenko
 Scientific-Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4774-5381>

Dmytro Nikitin
 Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4388-4996>

Oleksandr Rybitskyi
 Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8508-7269>

The object of the research is assessment of object with different degrees of embeddedness. The subject of the research is the process of assessing the state of objects using the apparatus of neuro-fuzzy expert systems, the apparatus of relational analysis and bio-inspired algorithms. The problem that is solved in the research is to increase the reliability of the assessment of the objects state, regardless of the number of attachments. The originality of the research is that:

- possibility of increasing the reliability of the object state assessment due to the parallel use of two bio-inspired algorithms;
- taking into account the degree of awareness of the object state, due to the application of correction coefficients for the degree of awareness;
- construction of both object and relational models, which allows to increase the reliability of assessment of the objects state;
- possibility of combining the results of the work of bio-inspired algorithms, which makes it possible to mutually verify the correctness of the work of each of the algorithms;
- universality of solving the task of assessing the state of objects with different degrees due to the hierarchical nature of their description;
- possibility of simultaneously searching for a solution in different directions;
- adequacy of the obtained results.

An example of the use of the proposed method is presented on the example of solving the task of determining the composition of an operational group of troops (forces) and elements of its operational construction. The specified example showed an increase in the reliability of the assessment of the objects state by an average of 20 % due to the use of additional improved procedures.

It is advisable to use the proposed method to solve the problems of assessing the state of multidimensional objects in conditions of uncertainty and risks, which are characterized by high requirements for the reliability of the information obtained.

Keywords: neuro-fuzzy expert systems, relational model, object model, swarm algorithms, hierarchy.

References

- Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreby Zbroinykh Syl. *Ozbroyennia ta viyskova tekhnika*, 1, 35–39. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2015_1_7
- Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
- Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 30–40. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
- Pievotsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 78–89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
- 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
- Shyshatskyi, A. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5583–5590. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>
- Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
- Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellectual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsa: "UNIVERSUM", 320.
- Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
- Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
- Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
- Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
- Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
- Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
- Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Váncza, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
- Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
- Koval, M., Sova, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Garashchuk, N., Yivzhenko, Y. et al. (2022). Improving the method for increasing the efficiency of decision-making based on bio-inspired algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (120)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268621>
- Maccarone, A. D., Brzorad, J. N., Stone, H. M. (2008). Characteristics and Energetics of Great Egret and Snowy Egret Foraging Flights. *Waterbirds*, 31 (4), 541–549. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.4.541>
- Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskyi, T. et al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311829

INCREASING THE EFFICIENCY OF OPERATION AND MANAGEMENT OF RAILROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE BASED ON MAXIMUM LEVELS OF FAULT TOLERANCE (p. 55–65)

Oleksandr Gorobchenko

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9868-3852>

Viacheslav Matsiuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2355-2564>

Halyna Holub

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4028-1025>

Igor Gritsuk

Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

Oleksandr Nevedrov

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9347-0973>

This paper considers the optimization of parameters for a railroad transport system. The maximum level of technological reliability and the average time spent by trains on the route are used as optimization criteria. The purpose of the study is to establish the optimal parameters for the operational process of railroad transport systems according to the criterion of the maximum level of technological reliability and the minimum time of trains on the route. Methods of technological reliability research have been proposed. Taking into account that the entire technological process is a sequential set of technological elements, a simulation model of the technological process of the transit transport-technological line along a route direction has been built. A population of agents that simulates the operation of railroad sections of the rotation of train locomotives and is a key subsystem of the simulation model has been developed and configured. The simulation model makes it possible to optimize the parameters of multi-section railroad lines. This approach is provided owing to the agent approach. As a result of the experiments, the optimal parameters of the functioning of railroad lines were established when organizing the passage of transit trains. The coefficient of utilization of the locomotive fleet fluctuates within the optimal range (0.55–0.65), which indicates the sufficiency of traction resources in the railroad system. The optimal parameters of the railroad transport system were established experimentally using the example of a train flow of 85 pairs of trains on a two-track route with five sections. The problem of "abandoned trains" has a solution but, to this end, it is necessary to increase the fleet of train locomotives by 150–200 % relative to existing standards. At the same time, even with an unlimited fleet of train locomotives, there is a fairly high probability (up to 30–50 %) of technological failures.

Keywords: technological reliability, railroad transport system, rolling stock, simulation modeling, discrete-event simulation.

References

- Tirachini, A., Inostroza, F., Mora, R., Cuevas, D., Fuchser, D. (2024). Externalities from the confinement of a railway: Analysis of the barrier effect. *Case Studies on Transport Policy*, 17, 101225. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101225>
- Tian, A.-Q., Wang, X.-Y., Xu, H., Pan, J.-S., Sňášel, V., Lv, H.-X. (2024). Multi-objective optimization model for railway heavy-haul traffic: Addressing carbon emissions reduction and transport efficiency improvement. *Energy*, 294, 130927. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130927>
- García-Jiménez, E., Poveda-Reyes, S., Malviya, A. K., Molero, G. D., Santarremigia, F. E. (2023). A methodological framework for a quantitative assessment of new technologies to boost the interoperability of railways services. *Transportation Research Procedia*, 72, 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.473>
- Matsiuk, V., Ilchenko, N., Pryimuk, O., Kochubei, D., Prokhorchenko, A. (2022). Risk assessment of transport processes by agent-based simulation. *13th International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies (Bul-Trans-2021)*, 2557, 080003. <https://doi.org/10.1063/5.0105913>
- Gorobchenko, O., Nevedrov, O. (2020). Development of the structure of an intelligent locomotive DSS and as-sessment of its effectiveness. *Archives of Transport*, 56 (4), 47–58. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5517>
- Butko, T., Babanin, A., Gorobchenko, A. (2015). Rationale for the type of the membership function of fuzzy parameters of locomotive intelligent control systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (73)), 4–8. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35996>
- Comi, A., Hriekova, O. (2024). Managing last-mile urban freight transport through emerging information and communication technologies: a systemic literature review. *Transportation Research Procedia*, 79, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.03.023>
- McAslan, D., Kenney, L., Najar Arevalo, F., King, D. A., Miller, T. R. (2024). Planning for uncertain transportation futures: Metropolitan planning organizations, emerging technologies, and adaptive transport planning. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 24, 101055. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101055>
- Ma, F., Yu, D., Xue, B., Wang, X., Jing, J., Zhang, W. (2023). Transport risk modeling for hazardous chemical transport Companies – A case study in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 84, 105097. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105097>
- Matsiuk, V., Galan, O., Prokhorchenko, A., Tverdomed, V. (2021). An Agent-Based Simulation for Optimizing the Parameters of a Railway Transport System. *ICTERI. Kherson*. Available at: <https://icteri.org/icteri-2021/proceedings/volume-1/20210121.pdf>
- Stassen, W., Tsegai, A., Kurland, L. (2023). A Retrospective Geospatial Simulation Study of Helicopter Emergency Medical Services' Potential Time Benefit Over Ground Ambulance Transport in Northern South Africa. *Air Medical Journal*, 42 (6), 440–444. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2023.07.005>
- Sharma, P., Herminghaus, S., Heuer, H., Heidemann, K. M. (2024). Impact of the density of line service stations on overall performance in Bi-modal public transport settings. *Multimodal Transportation*, 3 (3), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.multra.2023.100118>
- Kagho, G. O., Meli, J., Wälsler, D., Balac, M. (2022). Effects of population sampling on agent-based transport simulation of on-demand services. *Procedia Computer Science*, 201, 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.041>
- Namazov, M., Matsiuk, V., Bulgakova, I., Nikolaienko, I., Vernyhora, R. (2023). Agent-based simulation model of multimodal iron ore concentrate transportation. *Machinery & Energetics*, 14 (1), 46–56. <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.46>
- Ji, H., Wang, R., Zhang, C., Yin, J., Ma, L., Yang, L. (2024). Optimization of train schedule with uncertain maintenance plans in high-speed railways: A stochastic programming approach. *Omega*, 124, 102999. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2023.102999>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312342

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR MANAGING SCHEDULE DELAYS IN AIR TRAFFIC OPERATIONS (p. 66–71)

Sunardi Sunardi

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2522-0848>

Syahrul Humaidi

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2183-3282>

Marhaposan Situmorang

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0727-460X>

Marzuki Sinambela

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3363-4440>

The object of this research is delay in air traffic operations. The problem in this research that must be solved is how to reduce the impact of frequent delays which cause time efficiency but cause increased operational costs and make customers dissatisfied with air traffic services and then there is time complexity which is difficult to overcome. The interpretation of this research is to analyze existing problems and then apply mathematical methods so that it is possible to develop a model that is able to dynamically optimize flight rescheduling which can be beneficial for customers in reducing waiting times. This model will consider many important variables in managing delay schedules including real-time weather conditions, aircraft availability, airport capacity so that the results of this model show the ability to reduce the frequency and duration of delays which can increase customer satisfaction. This application shows that the model developed has main characteristics such as flexibility in adjusting schedules in terms of delays and accuracy in predicting potential delays so that the problems analyzed and researched can be resolved effectively and efficiently. This model can predict schedule delays with an accuracy level of 90 % according to predetermined input variables. Then there are quantitative benefits in the form of reducing operational costs for delays, increasing prediction accuracy and optimizing flight schedules. Qualitatively there are benefits in customer satisfaction and faster and more effective decision making. The scope of this research includes managing flight schedules at airports and international hubs. Implementation of this model is important to ensure high operational efficiency and minimize the impact of delays in various operational conditions.

Keywords: air traffic management, mathematical models, schedule delay management, optimization, operational efficiency, aviation industry.

References

- Kia, R., Shahnazari-Shahrezaei, P., Zabihi, S. (2016). Solving a multi-objective mathematical model for a Multi-Skilled Project Scheduling Problem by CPLEX solver. 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1220–1224. <https://doi.org/10.1109/ieem.2016.7798072>
- Norouzi, G., Heydari, M., Noori, S., Bagherpour, M. (2015). Developing a Mathematical Model for Scheduling and Determining Success Probability of Research Projects Considering Complex-Fuzzy Networks. *Journal of Applied Mathematics*, 2015, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2015/809216>
- Deng, R., Yang, Z., Chow, M.-Y., Chen, J. (2015). A Survey on Demand Response in Smart Grids: Mathematical Models and Approaches. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11 (3), 570–582. <https://doi.org/10.1109/tii.2015.2414719>
- Ball, M. O., Chen, C.-Y., Hoffman, R., Vossen, T. (2001). Collaborative Decision Making in Air Traffic Management: Current and Future Research Directions. *New Concepts and Methods in Air Traffic Management*, 17–30. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04632-6_2
- Samà, M., D'Ariano, A., D'Ariano, P., Pacciarelli, D. (2017). Scheduling models for optimal aircraft traffic control at busy airports: Tardiness, priorities, equity and violations considerations. *Omega*, 67, 81–98. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.04.003>
- Sandamali, G. G. N., Su, R., Sudheera, K. L. K., Zhang, Y. (2022). A Safety-Aware Real-Time Air Traffic Flow Management Model Under Demand and Capacity Uncertainties. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23 (7), 8615–8628. <https://doi.org/10.1109/tits.2021.3083964>
- Samà, M., D'Ariano, A., D'Ariano, P., Pacciarelli, D. (2015). Air traffic optimization models for aircraft delay and travel time minimization in terminal control areas. *Public Transport*, 7 (3), 321–337. <https://doi.org/10.1007/s12469-015-0103-x>
- Zhang, Y., Su, R., Li, Q., Cassandras, C. G., Xie, L. (2017). Distributed Flight Routing and Scheduling for Air Traffic Flow Management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18 (10), 2681–2692. <https://doi.org/10.1109/tits.2017.2657550>
- Sridhar, B., Grabbe, S. R., Mukherjee, A. (2008). Modeling and Optimization in Traffic Flow Management. *Proceedings of the IEEE*, 96 (12), 2060–2080. <https://doi.org/10.1109/jproc.2008.2006141>
- Cai, K.-Q., Zhang, J., Xiao, M.-M., Tang, K., Du, W.-B. (2017). Simultaneous Optimization of Airspace Congestion and Flight Delay in Air Traffic Network Flow Management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18 (11), 3072–3082. <https://doi.org/10.1109/tits.2017.2673247>
- Reitmann, S., Schultz, M. (2022). An Adaptive Framework for Optimization and Prediction of Air Traffic Management (Sub-) Systems with Machine Learning. *Aerospace*, 9 (2), 77. <https://doi.org/10.3390/aerospace9020077>
- Štimac, I., Vidović, A., Mihetec, T., Drljača, M. (2020). Optimization of Airport Capacity Efficiency by Selecting Optimal Aircraft and Airline Business Model. *Sustainability*, 12 (10), 3988. <https://doi.org/10.3390/su12103988>
- Rodríguez-Sanz, Á., Gómez Comendador, F., Arnaldo Valdés, R., Cordero García, J. M., Bagamanova, M. (2018). Uncertainty Management at the Airport Transit View. *Aerospace*, 5 (2), 59. <https://doi.org/10.3390/aerospace5020059>
- Dönmez, K., Aydoğan, E., Çetek, C., Maraş, E. E. (2022). The Impact of Taxiway System Development Stages on Runway Capacity and Delay under Demand Volatility. *Aerospace*, 10 (1), 6. <https://doi.org/10.3390/aerospace10010006>
- Higasa, K., Itoh, E. (2022). Controlling Aircraft Inter-Arrival Time to Reduce Arrival Traffic Delay via a Queue-Based Integer Programming Approach. *Aerospace*, 9 (11), 663. <https://doi.org/10.3390/aerospace9110663>
- Ivanov, N., Netjasov, F., Jovanović, R., Starita, S., Strauss, A. (2017). Air Traffic Flow Management slot allocation to minimize propagated delay and improve airport slot adherence. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.trra.2016.11.010>
- Zámková, M., Rojik, S., Prokop, M., Stolin, R. (2022). Factors Affecting the International Flight Delays and Their Impact on Airline Operation and Management and Passenger Compensations Fees in Air Transport Industry: Case Study of a Selected Airlines in Europe. *Sustainability*, 14 (22), 14763. <https://doi.org/10.3390/su142214763>
- Zhi Jun, L., Alam, S., Dhief, I., Schultz, M. (2022). Towards a greener Extended-Arrival Manager in air traffic control: A heuristic approach for dynamic speed control using machine-learned delay prediction model. *Journal of Air Transport Management*, 103, 102250. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102250>
- Pinto Neto, E. C., Baum, D. M., Almeida, J. R. de, Camargo, J. B., Cugnasca, P. S. (2023). Deep Learning in Air Traffic Management (ATM): A Survey on Applications, Opportunities, and Open

Challenges. *Aerospace*, 10 (4), 358. <https://doi.org/10.3390/aerospace10040358>

20. Jiménez-Martín, A., Tello, F., Mateos, A. (2020). A Variation of the ATC Work Shift Scheduling Problem to Deal with Incidents at Airport Control Centers. *Mathematics*, 8 (3), 321. <https://doi.org/10.3390/math8030321>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313636

IDENTIFYING PATTERNS OF CHANGE IN TRAFFIC FLOWS' PARAMETERS DEPENDING ON THE ORGANIZATION OF PUBLIC TRANSPORT MOVEMENT (p. 72–81)

Taras Postranskyy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6120-9914>

Maksym Afonin

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-7478>

Mykola Boikiv

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4997-3677>

Romana Bura

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1027-8367>

This study examines the issue of traffic organization on sections of city streets, in which there are public transport stop zones of different configurations (with a drive-in pocket and along a traffic lane). Accordingly, the object of research is the parameters of traffic flows; the subject is the regularities in their change on such specific sections of the street-road network, taking into account the configuration of stops, the number of traffic lanes, and priority conditions for the movement of public transport.

The task addressed in this work was the quantitative assessment of the efficiency of traffic management in public transport stop zones. It was also important to compare different configurations of street segments in terms of their impact on delays of private and public transport.

As a result of the research, the speed and time characteristics of the traffic flow and their dependence on its composition and intensity for different number and specialization of traffic lanes, as well as the location of the public transport stop, were determined.

The resulting quantitative indicators of delays of all types of transport for each modeling option made it possible to determine the best of them according to the criterion of minimal time loss. This applies to both private and public transport, as the values of delays may differ from each other by 10–50 %.

An applied aspect related to using the scientific result is the possibility of justifying the number of traffic lanes, or their allocation for public transport, as well as determining the appropriate configuration of stops. This constitutes the prerequisites for the transfer of the scientific results to the relevant interested structures in the field of transport, which are responsible for the organization and safety of traffic under urban conditions.

Keywords: public transport stops, simulation modeling, transport delay, composition of traffic flow.

References

- Soczówka, P., Żochowska, R., Karoń, G. (2020). Method of the Analysis of the Connectivity of Road and Street Network in Terms of Division of the City Area. *Computation*, 8 (2), 54. <https://doi.org/10.3390/computation8020054>
- Zhuk, M., Pivtorak, H., Kovalyshyn, V., Gits, I. (2024). Simulation of Transfer Probability in the City Route Network: Case Study of Lviv, Ukraine. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 52 (3), 282–291. <https://doi.org/10.3311/pptr.22322>
- Rybak, R., Kovalchuk, V., Parneta, B., Karnakov, I. (2023). Investigation of Reinforced Concrete Pipe Deformability by Reinforcement Frame Under Static Loads. *Proceedings of CEE 2023*, 351–361. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44955-0_35
- Kovalchuk, V., Rybak, R., Hnativ, Y., Tkachenko, V., Onyshchenko, A., Kravets, I. et al. (2022). Assessment of the stressed-strained state of a reinforced transport pipe under the combined effect of ambient temperature and static loads. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (120)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268904>
- Fornalchuk, Y., Vikovych, I., Royko, Y., Hrytsun, O. (2021). Improvement of methods for assessing the effectiveness of dedicated lanes for public transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (109)), 29–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225397>
- Tubis, A. A., Skupień, E. T., Rydlewski, M. (2021). Method of Assessing Bus Stops Safety Based on Three Groups of Criteria. *Sustainability*, 13 (15), 8275. <https://doi.org/10.3390/su13158275>
- Zhang, J., Li, Z., Zhang, F., Qi, Y., Zhou, W., Wang, Y. et al. (2018). Evaluating the Impacts of Bus Stop Design and Bus Dwelling on Operations of Multitype Road Users. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/4702517>
- Barua, S. (2020). Influence of bus bay and curbside bus stop in an urban road. *International Journal of Students' Research in Technology & Management*, 8 (3), 14–19. <https://doi.org/10.18510/ijstrm.2020.833>
- Qi, W., Ruan, L., Zhi, Y., Shen, B. (2021). Risk Area Identification Model of Bus Bay Stops Based on Distribution of Conflicts. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/9663966>
- Murawski, J., Szczepański, E., Jacyna-Gołda, I., Izdebski, M., Janowska-Karpa, D. (2022). Intelligent mobility: A model for assessing the safety of children traveling to school on a school bus with the use of intelligent bus stops. *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 24 (4), 695–706. <https://doi.org/10.17531/ein.2022.4.10>
- Cvitanić, D. (2017). Joint Impact of Bus Stop Location and Configuration on Intersection Performance. *PROMET – Traffic & Transportation*, 29 (4), 443–454. <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i4.2338>
- Medvediev, I., Soroka, S. (2020). The road network traffic capacity taking into account public transport stops layout method. *Transport Technologies*, 2020 (2), 13–22. <https://doi.org/10.23939/tt2020.02.013>
- Liang, S., Ma, M. (2018). Analysis of Bus Bunching Impact on Car Delays at Signalized Intersections. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23 (2), 833–843. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-2043-x>
- Yu, J., Liu, Y., Chen, W. (2024). Conflict management at urban bus stops through cooperative trajectory planning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 165, 104696. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104696>

15. Park, B. (Brian), Schneeberger, J. D. (2003). Microscopic Simulation Model Calibration and Validation: Case Study of VISSIM Simulation Model for a Coordinated Actuated Signal System. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1856 (1), 185–192. <https://doi.org/10.3141/1856-20>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314147
IMPROVING TRUCK SERVICE PERFORMANCE
IN TRANSPORTING ROCK AGGREGATE USING
GENETIC ANT COLONY ALGORITHM (p. 82–90)

Syarifuddin Ishak

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5203-3159>

Ludfi Djakfar

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2812-9263>

Achmad Wicaksono

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-7202>

Inter-island shipment requests for rock aggregate products are served through the terminal for their own needs (TFON). The high demand for rock aggregate products causes many ships to queue up to be loaded. However, this condition is not comparable to the availability of dump trucks used to serve loading and unloading activities. This study aims to improve the performance of dump truck service in transporting rock aggregate so that the number of dump truck vehicles and optimal loading and unloading service times from the stockpile to ship at TFON are obtained. The research location was carried out at active rock mining companies in the Central Sulawesi region. The data collection method is carried out using field surveys (observations) using a time recording device by recording the process of transporting rock aggregates from the stockpile location to the ship in TFON and collecting secondary data on the demand for rock aggregates to be transported. The analysis method uses the hybrid Genetic Ant Colony Algorithm (ACO-GA) method namely a combination method between the Ant Colony Optimization algorithm and the Genetic Algorithm which aims to maximize the optimal number of trucks used in the transportation process and minimize the time in the loading and unloading process. The results showed that there had been an increase in service performance of the dump truck used in transporting rock aggregate with the longest distance of 2.3 km with a total of 5 dump trucks. The number of dump trucks of 5 units was selected because it falls within the fitness value criteria which is closest to the optimum value or equal to the value of the resources owned. Meanwhile, the optimal loading and unloading process time is in the range of 1.81–3.34 working days.

Keywords: service performance, transportation, rock aggregate, terminal for their own needs.

References

- Surury, F., Syaqui, A., Purwanto, W. W. (2021). Multi-objective optimization of petroleum product logistics in Eastern Indonesia region. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37 (3), 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.05.003>
- Daerah, B. P. (2022). Rekapitulasi Pengiriman Komoditas Agregat Batuan Antar Pulau. Palu: Bapenda.
- Daerah, B. P. (2022). Pembangunan IKN Sebagian Besar Menggunakan Batu dari Palu. Available at: <https://kaltim.antaranews.com/berita/152709/pembangunan-ikn-sebagian-besar-menggunakan-batu-dari-palu>
- Bayuaji, K. (2023). Analisis Penyebab dan Solusinya Atas Keterlambatan Kegiatan Bongkar Muat di Pelabuhan Peti Kemas.
- Blauth, J., Held, S., Müller, D., Schlomberg, N., Traub, V., Tröbst, T., Vygen, J. (2024). Vehicle routing with time-dependent travel times: Theory, practice, and benchmarks. *Discrete Optimization*, 53, 100848. <https://doi.org/10.1016/j.disopt.2024.100848>
- Amin, C., Wahab Hasyim, A., Sun'an, M., Yetty, Millanida Hilman, R., Fahmiasari, H. (2024). Impact of increasing local economic capacity on reducing maritime logistics costs in island Province of eastern Indonesia: A dynamic system approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 27, 101195. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101195>
- Abdelati, M. H., Abd-El-Tawwab, A. M., Ellimony, E. E. M., Rabie, M. (2023). Solving a multi-objective solid transportation problem: a comparative study of alternative methods for decision-making. *Journal of Engineering and Applied Science*, 70 (1). <https://doi.org/10.1186/s44147-023-00247-z>
- Sar, K., Ghadimi, P. (2023). A systematic literature review of the vehicle routing problem in reverse logistics operations. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 109011. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109011>
- Amiri, A., Amin, S. H., Zolfagharinia, H. (2023). A bi-objective green vehicle routing problem with a mixed fleet of conventional and electric trucks: Considering charging power and density of stations. *Expert Systems with Applications*, 213, 119228. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119228>
- Wang, Y., Lu, J. (2015). Optimization of China Crude Oil Transportation Network with Genetic Ant Colony Algorithm. *Information*, 6 (3), 467–480. <https://doi.org/10.3390/info6030467>
- Niluminda, K. P. O., Ekanayake, E. M. U. S. B. (2023). The Multi-Objective Transportation Problem Solve with Geometric Mean and Penalty Methods. *Indonesian Journal of Innovation and Applied Sciences (IJIAS)*, 3 (1), 74–85. <https://doi.org/10.47540/ijias.v3i1.729>
- Jagtap, K. B., Kawale, S. V. (2017). Multi Dimensional Multi Objective Transportation Problem by Goal programming. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8 (6), 568–573. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Kiran-Jagtap-2/publication/318876962_Multi_Dimensional_Multi_Objective_Transportation_Problem_by_Goal_Programming/links/5982e4010f7e9b9ebaab304a/Multi-Dimensional-Multi-Objective-Transportation-Problem-by-Goal-Programming.pdf
- Chen, L., Peng, J., Zhang, B. (2017). Uncertain goal programming models for bicriteria solid transportation problem. *Applied Soft Computing*, 51, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.11.027>
- Pramanik, S., Jana, D. K., Maiti, M. (2016). Bi-criteria solid transportation problem with substitutable and damageable items in disaster response operations on fuzzy rough environment. *Socio-Economic Planning Sciences*, 55, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.04.002>
- Gao, T., Tian, J., Huang, C., Wu, H., Xu, X., Liu, C. (2024). The impact of new western land and sea corridor development on port deep hinterland transport service and route selection. *Ocean & Coastal Management*, 247, 106910. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106910>

16. Mardanya, D., Maity, G., Roy, S. K., Yu, V. F. (2022). Solving the multi-modal transportation problem via the rough interval approach. *RAIRO – Operations Research*, 56 (4), 3155–3185. <https://doi.org/10.1051/ro/2022131>
17. Pak, Y.-J., Mun, K.-H. (2024). A practical vehicle routing problem in small and medium cities for fuel consumption minimization. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 12, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100164>
18. Zhang, B. (2022). Logistics Transportation Time Optimization Based on Fuzzy Particle Swarm Optimization. *MATEC Web of Conferences*, 359, 01024. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202235901024>
19. Zhang, Y., Kou, X., Song, Z., Fan, Y., Usman, M., Jagota, V. (2021). Research on logistics management layout optimization and real-time application based on nonlinear programming. *Non-linear Engineering*, 10 (1), 526–534. <https://doi.org/10.1515/nleng-2021-0043>
20. Zheng, R., Liu, M., Zhang, Y., Wang, Y., Zhong, T. (2024). An optimization method based on improved ant colony algorithm for complex product change propagation path. *Intelligent Systems with Applications*, 23, 200412. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200412>
21. Anggraeni, D. A. F., Dianutami, V. R., Tyasnurita, R. (2024). Investigation of Simulated Annealing and Ant Colony Optimization to Solve Delivery Routing Problem in Surabaya, Indonesia. *Procedia Computer Science*, 234, 592–601. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.044>
22. Tadaros, M., Kyriakakis, N. A. (2024). A Hybrid Clustered Ant Colony Optimization Approach for the Hierarchical Multi-Switch Multi-Echelon Vehicle Routing Problem with Service Times. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110040. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110040>
23. Al-Ababneh, M. M. (2020). Linking Ontology, Epistemology and Research Methodology. *Science & Philosophy*, 8 (1). <https://doi.org/10.23756/sp.v8i1.500>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311751

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ КОМБІНОВАНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТНО-ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ (с. 6–17)**Petro Pavlenko, Ю. М. Тесля, Ю. Л. Хлевна, Oleksii Yehorchenkov, Nataliia Yehorchenkova, Yevheniia Kataieva, А. О. Хлевний, В. В. Веретельник, Т. В. Латішева, Л. Б. Кубявка**

Об'єктом дослідження є проєктно-виробнича діяльність проєктно-орієнтованих підприємств машинобудівного, літакобудівного, суднобудівного, приладобудівного та металургійного профілю.

Вирішувалася проблема інформаційної інтеграції та синхронізації процесів управління проєктами, що реалізує конкретне проєктно-орієнтоване підприємство, з управлінням його виробничими процесами засобами цифрових двійників. Вирішення цієї проблеми спрямоване на підвищення ефективності управління проєктно-виробничою діяльністю підприємств за рахунок використання в процесі планування цифрових двійників проєктів і виробництв.

Проаналізовано вплив трендів на розвиток цифрових технологій. Визначена необхідність розгляду проєктної та операційної діяльності компанії машинобудівного, літакобудівного, суднобудівного, приладобудівного та металургійного профілю як єдиної проєктно-виробничої діяльності. Показано, що такий підхід може бути успішним у випадку, коли можна буде змоделювати процеси і зміни в проєктно-виробничій діяльності і побудувати на цій основі раціональний план випуску продукції та реалізації проєктів. Запропоновано використання цифрових двійників об'єктів і процесів проєктно-виробничої діяльності компанії.

Сформульовані мета і задачі дослідження, спрямовані на створення концепції планування проєктно-виробничої діяльності з застосуванням цифрових двійників об'єктів та процесів проєктної та операційної діяльності.

В концепції визначено структуру цифрового середовища проєктно-орієнтованого виробництва, модель взаємопроникнення процесів планування проєктної і виробничої діяльності, агрегований метод критичного шляху, імітаційного моделювання для планування проєктно-виробничої діяльності з використанням цифрових двійників. Показано, що для моделювання проєктно-виробничої діяльності необхідно застосувати моделі, методи управління взаємодією операційних і проєктних процесів компанії. Запропоновано для управління взаємодією операційних і проєктних процесів застосувати науково-практичні інструменти теорії інформаційної взаємодії.

Продемонстровані результати використання концепції в діяльності проєктно-орієнтованих компаній. Використання інструментів, створених на основі запропонованої концепції, дозволило скоротити час виконання проєктів на 10–15 %, зменшити витрати на виробничу діяльність на 5–10 % за рахунок ефективного планування проєктно-виробничих процесів.

Ключові слова: цифровий проєктний менеджмент, цифрові двійники, інформаційні технології управління проєктами, цифрова трансформація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313050

РОЗРОБКА МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЄКТІВ В УМОВАХ SCRUM НА ОСНОВІ КОГНІТИВНОГО ПІДХОДУ (с. 18–26)**Т. О. Прокопенко, О. О. Григор, В. А. Прокопенко, О. В. Лавданська**

Будь-який проєкт, що реалізується в умовах застосування Scrum, характеризується впливом ризиків, включаючи негативні зміни в оточенні та кризові обставини. Тому важливого значення набувають процеси пов'язані з управлінням ризиками, що є об'єктом даного дослідження. Проблемою, що вирішувалася в даному дослідженні, є підвищення ефективності проєктів за рахунок побудови довгострокової стратегії зниження рівня ризику та уникнення негативних наслідків для проєктів в умовах Scrum. Запропонований метод управління ризиками розроблено на основі застосування синтезу управління інтелектуальних технологій прийняття рішень та формалізованих методів. Складні зовнішні обставини характеризується високим ступенем невизначеності і не завжди сприяють успішній реалізації проєкту. Тому даний метод управління ризиками проєктів в умовах Scrum на основі когнітивного підходу характеризується комбінованим поєднанням когнітивного аналізу, математичного моделювання та експертних методів. В рамках методу розроблено модель управління ризиками проєктів в умовах Scrum у вигляді нечіткої когнітивної карти, що забезпечить визначення оптимального стратегічного рішення в динаміці з врахуванням впливів різних факторів. Результатом застосування даного методу є дотримання часових обмежень, зменшення перевитрати ресурсів та втрат в проєкті, а також адаптації до швидко змінюваних обставин та адекватного реагування.

Метод управління ризиками проєктів характеризується вирішенням проблеми формалізації процедур прийняття управлінських рішень і їхнього інформаційного забезпечення, враховуючи наявність як кількісних, так і якісних даних. В рамках даного методу запропоновано процедуру управління ризиками проєктів в умовах Scrum, що сприяє систематизації, моніторингу та контролю ризиків в умовах складних, кризових обставин, що швидко змінюються.

Ключові слова: проєкт, ризики, Scrum, нечітка когнітивна карта, фактор, прийняття рішень, інформація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312886

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ ВИБОРІ АРХІТЕКТУРНОГО РІШЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ (с. 27–40)**В. В. Соколовський, Е. В. Жаріков, С. Ф. Теленик**

Об'єктом дослідження є програмні засоби та архітектурні рішення спеціалізованих систем моніторингу стану потенційно небезпечних об'єктів (далі – ПНО). Проблема, що вирішувалася, – вибір вдалого варіанту архітектурного рішення та складу спеціалізованого програмного забезпечення таких систем. Зміна архітектурних рішень та складу програмного забезпечення систем моніторингу

стану ПНО необхідна тому, що такі системи зазвичай створюють на основі принципу параметричного контролю основних параметрів ПНО. Такі системи моніторингу фіксують досягнення докритичного (або критичного) значення одного (або кількох) параметрів, що характеризують стан об'єкта. Тому оперативному персоналу залишається мало часу для впровадження заходів щодо запобігання виникненню аварії.

Суть отриманих результатів у тому, що на базі використання експертного оцінювання була розроблена методика кількісної оцінки якості архітектури, складу спеціалізованого програмного забезпечення та методів систем моніторингу стану ПНО. Згідно з цією методикою обрано один з трьох можливих альтернативних варіантів побудови автоматизованої системи моніторингу стану ПНО.

Вирішити проблему вибору архітектури, методів та складу програмного забезпечення системи моніторингу стану ПНО вдалося завдяки впровадженню експертного оцінювання, що дало змогу перейти від якісного до кількісного оцінювання при виборі одного з варіантів.

Обраний варіант побудови системи моніторингу стану ПНО є завадостійким та дозволяє на 1–3 години раніше виявляти загрозу виникнення аварійної ситуації на об'єкті завдяки впровадженню підсистем прогнозування змін стану ПНО та діагностики стану об'єкта. Це забезпечує зменшення збитків і запобігає травмуванню людей.

Ключові слова: інтернет речей, системи моніторингу, експертне оцінювання, архітектурні рішення, програмне забезпечення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313086

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ БАГАТОВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЕВРИСТИЧНОГО АЛГОРИТМУ (с. 41–47)

А. В. Tarkhan, О. Я. Сова, А. В. Лебединський, Ю. В. Дегтяр, О. І. Литвиненко, Д. А. Міночкін, Д. Є. Петрукович, І. Г. Пімонов, В. Б. Косолапов, Д. І. Гончарук

Об'єктом дослідження є багатовимірні об'єкти. Проблема, яка вирішується в дослідженні, є підвищення оперативності оцінки стану багатовимірних об'єктів, незалежно від кількості вимірів оцінки стану об'єктів. Предметом дослідження є процес оцінки стану багатовимірних об'єктів за допомогою удосконаленого алгоритму зграї метеликів (АЗМ), удосконаленого генетичного алгоритму та штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Оригінальність дослідження полягає у наступному:

- первинне виставлення агентів метеликів (АМ) на площині багатовимірних об'єктів здійснюється з урахуванням типу невизначеності за рахунок використання відповідних корегувальних коефіцієнтів на ступінь інформованості про розміщення джерел нектару (в нашому випадку пріоритетні напрямки пошуку);
- регулювання початкової швидкості АМ дозволяє визначити пріоритетність пошуку;
- визначається придатність місць збору нектару АМ, чим зменшується час оцінювання стану багатовимірних об'єктів;
- наявність можливості глобального перезапуску алгоритму, чим досягається здатність алгоритму виходити за межі поточного оптимуму та покращити дослідницьку здатність алгоритму, чим досягається скорочення часу на оцінку стану багатовимірних об'єктів;
- можливість уточнення на етапі збору місць скупчень нектару за рахунок ранжування джерел нектару за рівнем інтенсивності стимулу;
- покращена можливість відбору кращих АМ у порівнянні з традиційним відбором за рахунок використання удосконаленого генетичного алгоритму.

Запропоновану методику доцільно використовувати для вирішення завдань оцінки стану багатовимірних об'єктів в умовах невизначеності та ризиків, що характеризуються високим ступенем складності. Методика показала підвищення ефективності оперативності оцінки стану багатовимірних об'єктів на рівні 14–16 %.

Ключові слова: багатовимірні об'єкти, удосконалений генетичний алгоритм, штучні нейронні мережі, ройові алгоритми.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313934

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ОЦІНКИ СТАНУ ОБ'ЄКТУ (с. 48–54)

Mohammed Jasim Abed Alkhafaji, Н. Г. Кучук, І. І. Становська, Ю. З. Артабаєв, О. П. Нечипорук, А. С. Возниця, Є. В. Тупота, Ю. В. Самойленко, Д. М. Нікітін, О. М. Рибіцький

Об'єктом дослідження є об'єкти оцінки з різним ступенем вкладеності. Предметом дослідження є процес оцінки стану об'єктів за допомогою апарату нейро-нечітких експертних систем, апарату реляційного аналізу, біоінспірованих алгоритмів. Проблема, яка вирішується в дослідженні, є підвищення достовірності оцінки стану об'єктів, незалежно від кількості вкладень. Оригінальність дослідження полягає в тому, що:

- можливість підвищення достовірності оцінки стану об'єкту за рахунок використання в паралельному режимі двох біоінспірованих алгоритмів;
- врахуванням ступеню обізнаності про стан об'єкту, за рахунок застосування корегувальних коефіцієнтів на ступінь обізнаності;
- побудовою як об'єктної так і реляційної моделей, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання стану об'єктів;
- можливістю об'єднання результатів роботи біоінспірованих алгоритмів, чим досягається можливість взаємної перевірки коректності роботи кожного з алгоритмів;
- універсальність вирішення завдання оцінки стану об'єктів з різним ступенем за рахунок ієрархічності їх опису;
- можливістю одночасного пошуку рішення в різних напрямках;
- адекватністю отриманих результатів.

Проведений приклад використання запропонованої методики на прикладі при вирішенні завдання визначення складу оперативного угруповання військ (сил) та елементів його оперативної побудови. Зазначений приклад показав підвищення достовірності оцінки стану об'єктів в середньому на 20 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

Запропоновану методику доцільно використовувати для вирішення завдань оцінки стану багатовимірних об'єктів в умовах невизначеності та ризиків, що характеризуються високими вимогами до достовірності отриманої інформації.

Ключові слова: нейро-нечіткі експертні системи, реляційна модель, об'єктна модель, ройові алгоритми, ієрархічність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311829**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ ГРАНИЧНИХ РІВНІВ ВІДМОВСТІЙКОСТІ (с. 55–65)****О. М. Горобченко, В. І. Мацюк, Г. М. Голуб, І. В. Грицук, О. В. Неведров**

В статті розглядається оптимізація параметрів залізничної транспортної системи. За критерії оптимізації застосовано граничний рівень технологічної безвідмовності та середній час перебування поїздів на напрямку. Виконане встановлення оптимальних параметрів експлуатаційного процесу залізничних транспортних систем за критерієм граничного рівня технологічної безвідмовності та мінімального часу перебування поїздів на напрямку. Запропоновано методи дослідження технологічної надійності. Враховуючи те, що весь технологічний процес представляє собою послідовний набір технологічних елементів розроблена імітаційна модель технологічного процесу транзитної транспортно-технологічної лінії на напрямку. Розроблено і налаштовано популяцію агентів, що імітують функціонування залізничних дільниць обертання поїзних локомотивів і є ключовою підсистемою імітаційної моделі. Представлена імітаційна модель дозволяє оптимізувати параметри багатосекційних залізничних напрямків. Даний підхід забезпечується завдяки агентному підходу. В результаті експериментів встановлені оптимальні параметри функціонування залізничних напрямків при організації пропуску транзитних поїздів. Коефіцієнт використання парку локомотивів коливається в межах оптимуму (0,55–0,65), що свідчить про достатність тягових ресурсів у залізничній системі. Експериментально встановлені оптимальні параметри залізничної транспортної системи на прикладі поїзд потоку 85 пар поїздів на двоколіїному напрямку із п'яти дільниць. Проблематика «покинутих поїздів» має рішення, однак для цього необхідно збільшити парк поїзних локомотивів на 150–200 % відносно існуючих нормативів. Разом з тим, при навіть необмеженому парку поїзних локомотивів існує достатньо висока імовірність (до 30–50 %) виникнення технологічних відмов.

Ключові слова: технологічна надійність, залізнична транспортна система, рухомий склад, імітаційне моделювання, дискретно-подієва симуляція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312342**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЗАТРИМКАМИ РОЗКЛАДУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ (с. 66–71)****Sunardi, Syahrul Humaidi, Marhaposan Sitomorang, Marzuki Sinambela**

Об'єктом даного дослідження є затримка повітряного руху. Проблема, яку необхідно вирішити, полягає в тому, як зменшити вплив частих затримок, які спричиняють економію часу, але спричиняють збільшення експлуатаційних витрат і роблять клієнтів незадоволеними обслуговуванням повітряного руху, а потім виникає складність часу, яку важко подолати. Інтерпретація цього дослідження полягає в аналізі існуючих проблем, а потім застосуванні математичних методів задля розробки моделі, яка здатна динамічно оптимізувати перепланування рейсів, що може бути корисним для клієнтів, скорочуючи час очікування. Ця модель враховуватиме багато важливих змінних в управлінні розкладами затримок, включаючи погодні умови в реальному часі, наявність літаків, пропускну спроможність аеропорту, щоб результати цієї моделі показали можливість зменшити частоту та тривалість затримок, що може підвищити задоволеність клієнтів. Ця програма показує, що розроблена модель має такі основні характеристики, як гнучкість у коригуванні графіків з точки зору затримок і точність у прогнозуванні потенційних затримок, щоб проаналізовані та досліджені проблеми могли бути вирішені ефективно та результативно. Ця модель може передбачати затримки розкладу з рівнем точності 90 % відповідно до заданих вхідних змінних. Крім того, є кількісні переваги у вигляді зменшення експлуатаційних витрат на затримки, підвищення точності прогнозування та оптимізації графіків польотів. З якісного боку є переваги у задоволенні клієнтів і швидшому та ефективнішому прийнятті рішень. До сфери дослідження входить управління розкладом рейсів в аеропортах і міжнародних хабах. Впровадження цієї моделі важливо для забезпечення високої ефективності роботи та мінімізації впливу затримок у різних робочих умовах.

Ключові слова: управління повітряним рухом, математичні моделі, управління затримкою розкладу, оптимізація, ефективність експлуатації, авіаційна галузь.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313636**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ (с. 72–81)****Т. М. Постранський, М. О. Афонін, М. В. Бойків, Р. Р. Бура**

У дослідженні розглядається питання організації дорожнього руху на ділянках міських вулиць, де наявні зупинкові зони громадського транспорту різної конфігурації (із заїзною кишенею та на смугі руху). Відповідно об'єктом цього дослідження є параметри транспортних потоків, а предметом – закономірності їх зміни на таких специфічних ділянках вулично-дорожньої мережі з урахуванням конфігурації зупинок, кількості смуг руху та наявності пріоритету для руху громадського транспорту.

Проблемою, яка потребувала вирішення в цій роботі, була кількісна оцінка ефективності організації дорожнього руху в зонах зупинки громадського транспорту. Також важливим є порівняння різних конфігурацій відрізків вулиць в розрізі їх впливу на затримки приватного і громадського транспорту.

В результаті досліджень визначено швидкісні та часові характеристики транспортного потоку та їх залежності від його складу та інтенсивності за різної кількості та спеціалізації смуг руху, а також розташування зупинки громадського транспорту.

Отримані кількісні показники затримок усіх видів транспорту для кожного варіанту моделювання дозволили визначити кращі з них за критерієм мінімальної втрати часу. Це стосується як приватного так і громадського транспорту, оскільки значення затримок можуть різнитися між собою на 10–50 %.

Прикладним аспектом використання отриманого наукового результату є можливість обґрунтування кількості смуг руху, або їх виділення для засобів громадського транспорту, а також визначення відповідної конфігурації зупинок. Це складає передумови для

трансферу отриманих наукових результатів до відповідних зацікавлених структур в галузі транспорту, які відповідають за організацію і безпеку руху в міських умовах.

Ключові слова: зупинки громадського транспорту, імітаційне моделювання, транспортна затримка, склад транспортного потоку.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.314147

ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖІВОК ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЩЕБНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ МУРАШИНОЇ КОЛОНІЇ (с. 82–90)

Syarifuddin Ishak, Ludfi Djakfar, Achmad Wicaksono

Заявки на міжстрівні перевезення кам'яних заповнювачів обслуговуються через термінал для власних потреб (ТВП). Високий попит на щебін змушує багато суден стояти в чергах, щоб їх завантажити. Однак цей стан не можна порівняти з наявністю самоскидів, які використовуються для обслуговування вантажно-розвантажувальних робіт. Це дослідження має на меті покращити продуктивність роботи самоскидів під час транспортування щебня, щоб отримати кількість самоскидів і оптимальний час завантаження та розвантаження від складу до відвантаження на ТВП. Дослідження проводилося на діючих гірських компаніях у регіоні Центрального Сулавесі. Метод збору даних здійснюється за допомогою польових досліджень (спостережень) з використанням приладу реєстрації часу шляхом реєстрації процесу транспортування щебню від місця зберігання до судна в ТВП та збору вторинних даних про потребу для транспортування. Метод аналізу використовує гібридний метод генетичного алгоритму мурашиної колонії, а саме метод комбінації між алгоритмом оптимізації мурашиної колонії та генетичним алгоритмом, який спрямований на максимізацію оптимальної кількості вантажівок, що використовуються в процесі транспортування, і мінімізацію часу на процес завантаження та розвантаження. Результати показали, що відбулося підвищення експлуатаційних характеристик самоскида, який використовувався для транспортування щебню, на найбільшу відстань 2,3 км із загальною кількістю 5 самоскидів. Кількість самоскидів у 5 одиниць було вибрано, тому що воно підпадає під критерій придатності, який є найближчим до оптимального значення або дорівнює вартості наявних ресурсів. При цьому оптимальний час процесу завантаження та розвантаження знаходиться в діапазоні 1,81–3,34 робочих днів.

Ключові слова: надання послуг, транспортування, щебін, термінал для власних потреб.