INFORMATION TECHNOLOGIES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293063

EXPLORING THE POWER OF HETEROGENEOUS UAV SWARMS THROUGH REINFORCEMENT LEARNING

pages 6–10

Yosyp Albrekht, *Postgraduate Student, Department of Information Systems and Technologies, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: yosyp.albrekht@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0093-6397*

Andrii Pysarenko, *PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7947-218X*

The object of research is heterogeneous and homogeneous swarms of unmanned aerial vehicles (UAVs). The primary focus of this study is the comparison between heterogeneous and homogeneous UAV swarms, examining their performance in a simulated environment designed using the Python Gym library. The research involves implementing reinforcement learning algorithms, specifically the Proximal Policy Optimization (PPO), to train and evaluate the swarms.

The central issue addressed by this research is to determine which type of UAV swarm – heterogeneous or homogeneous – exhibits better performance in a defined task. The chosen task involves searching for groups of objects in an unknown area, emphasizing the ability of the swarm to adapt and efficiently locate objects in dynamic environments.

The obtained results reveal an advantage for heterogeneous UAV swarms over their homogeneous counterparts. The heterogeneous swarm has a steeper learning curve and achieves higher rewards in fewer episodes during the training phase. The key finding indicates that the varied skill set within the heterogeneous swarm allows for quicker adaptation to changing environmental conditions. The superior performance of the heterogeneous swarm is attributed to the diversity of capabilities among its UAV agents, enabling them to leverage their individual strengths to achieve better overall performance in the given task.

The practical application of these results is contingent upon the task requirements and environmental conditions. In scenarios where tasks demand diverse skills and adaptability to changing conditions, heterogeneous UAV swarms are recommended. The results suggest their efficacy in applications such as search and rescue operations, environmental monitoring, and other dynamic tasks.

In conclusion, this research provides valuable insights into optimizing UAV swarm composition for specific tasks. The results contribute both theoretically and practically by highlighting the advantages of heterogeneity in swarm capabilities.

Keywords: reinforcement learning, robot swarms, heterogeneous swarms, UAV swarms, heterogeneous UAV swarms.

References

1. Telli, K., Kraa, O., Himeur, Y., Ouamane, A., Boumehraz, M., Atalla, S., Mansoor, W. (2023). A Comprehensive Review of Recent Research Trends on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Systems, 11 (8),* 400. doi: https://doi.org/10.3390/systems11080400
2. Abdelkader, M., Güler, S., Jaleel, H., Shamma, J. S. (2021). Aerial Swarms: Recent Applications and Challenges. *Current Robotics Reports, 2 (3),* 309–320. doi: https://doi.org/10.1007/s43154-021-00063-4
3. Bushnaq, O. M., Mishra, D., Natalizio, E., Akyildiz, I. F. (2022). Unmanned aerial vehicles (UAVs) for disaster management. *Nanotechnology-Based Smart Remote Sensing Networks for Disaster Prevention.* Elsevier Inc., 159–188. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91166-5.00013-6
4. Qu, C., Boubin, J., Gafurov, D., Zhou, J., Aloysius, N., Nguyen, H., Calyam, P. (2022). UAV Swarms in Smart Agriculture: Experiences and Opportunities. *2022 IEEE 18th International Conference on E-Science (e-Science).* doi: https://doi.org/10.1109/escience55777.2022.00029
5. Ming, R., Jiang, R., Luo, H., Lai, T., Guo, E., Zhou, Z. (2023). Comparative Analysis of Different UAV Swarm Control Methods on Unmanned Farms. *Agronomy, 13 (10),* 2499. doi: https://doi.org/10.3390/agronomy13102499
6. Wu, M., Zhu, X., Ma, L., Wang, J., Bao, W., Li, W., Fan, Z. (2022). Torch: Strategy evolution in swarm robots using heterogeneous-homogeneous coevolution method. *Journal of Industrial Information Integration, 25,* 100239. doi: https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100239
7. Ferrante, E. (2009). A Control Architecture for a Heterogeneous Swarm of Robots The Design of a Modular Behavior-based Architecture. *IRIDIA – Technical Report Series.* Available at: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=06c577a024d37f6a1cab79c74368ec54b8837880
8. Dorigo, M., Floreano, D., Gambardella, L. M., Mondada, F., Nolfi, S., Baaboura, T. et al. (2013). Swarmanoid: A Novel Concept for the Study of Heterogeneous Robotic Swarms. *IEEE Robotics & Automation Magazine.* Available at: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=09db526ea45bf5829f049f69100eb86322fe44fb
9. Price, I. C. (2006). *Evolving Self-Organized Behavior for Homogeneous and Heterogeneous UAV or UCAV Swarms.* USAF. Air Force Institute of Technology. Available at: https://scholar.afit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4466&context=etd
10. Albrekht, Y., Pysarenko, A. (2023). Unknown location targets searching system in known environment using reinforcement learning. *Adaptive systems of automatic control, 1 (42),* 9–14. doi: https://doi.org/10.20535/1560-8956.42.2023.278920

DOI: 10.15587/2519-4798.2023.293067

THE DEVELOPMENT OF THE METHOD OF OPTIMIZING COSTS FOR SOFTWARE TESTING IN THE AGILE MODEL

pages 10–14

Kostyantyn Kharchenko, *PhD, Associate Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7334-8038*

Oleksandr Beznosyk, *PhD, Associate Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2775-6070, e-mail: beznosyk.oleksandr@lll.kpi.ua*

Bogdan Bulakh, *PhD, Associate Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5880-6101*

Ganna Ishchenko, *Senior Lecture, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5086-5991*

Vadym Yaremenko, *Assistant, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8557-6938*

The object of research in the article is the process of testing and operating software with cost minimization. In the Software Development Life Cycle, depending on the chosen option of the flexible methodology, special attention is focused on testing software versions both in the process of passing iterations and in the process of releasing alpha, beta and production versions.

This article is devoted to the problem of developing a method for software testing cost optimization method that estimates the test cost function and the losses cost function from the occurrence of an error.

Using the optimization method (for example, the first-order descent method) from the two functions of testing costs and estimating the losses caused during operation, it is possible to calculate the optimal cost of testing and operating the software product.

The results obtained show that with the correct assessment of a cost function and a loss function such calculations allow to significantly save money and time for the production of the next version of the software product.

These results are explained by the fact that the method of optimizing the cost function finds the optimum point and allows to preestimate the budget and risks during the development and operation of the software.

The article provides several examples of the calculation and optimization of testing costs within the proposed concept for one iteration in a flexible software development cycle.

The results of the study can be used in practice, provided that the functions of estimating costs for testing and compensation for losses caused during the operation of the software are set correctly. Experienced managers and project supervisors determine these functions quite accurately for a certain number of iterations, which makes it possible to apply the method of finding the minimum budget costs for testing and operating a software product.

Keywords: agile, SCRUM, software development life cycle, testing, QA, risk management.

References

1. Sadiq, Mohd., Khalid Imam Rahmani, Mohd. Wazih Ahmad, Jung, S. (2010). Software risk assessment and evaluation process (SRAEP) using model based approach. *2010 International Conference on Networking and Information Technology.* Manilam, 171–177. doi: https://doi.org/10.1109/icnit.2010.5508535
2. Mohamud Sharif, A., Basri, S.; Zain, J. M., Wan Mohd, W. M. B., El-Qawasmeh, E. (Eds.) (2011). Software Risk Assessment: A Review on Small and Medium Software Projects. *Communications in Computer and Information Science*. Berlin, Heidelberg: Springer, 214–224. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-22191-0_19
3. McGraw, G. (2004). *Risk analysis in software design*. Available at: https://www.synopsys.com/blogs/software-security/software-risk-analysis/ Last accessed: 20.10.2023
4. Taylor, L., Shepherd, M. (2007). *Performing a System Risk Assessment*. FISMA Certification and Accreditation Handbook, 275–294. doi: https://doi.org/10.1016/b978-159749116-7/50022-6
5. Seniv, M. M., Roik, O. O. (2021). Means of calculating the reliability of software based on models, taking into account imperfect debugging. *Scientific Bulletin of UNFU, 31 (6)*, 87–91. doi: https://doi.org/10.36930/40310613
6. Yakovyna, V. S., Fedasiuk, D. V., Seniv, M. M., Nytrebych, O. O. (2015). *Modeli, metody ta zasoby analizu nadiinosti prohramnykh system*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 220.
7. *Software Risk Analysis Tutorial: Comprehensive Guide With Best Practices*. Available at: https://www.lambdatest.com/learning-hub/software-risk-analysis Last accessed: 15.10.2023
8. *NumPy. The fundamental package for scientific computing with Python*. Available at: https://numpy.org/ Last accessed: 25.10.2023
9. Zhaldak, M. I., Tryus, Yu. V. (2005). *Osnovy teorii i metodiv optymizatsii*. Cherkasy: Brama-Ukraina, 608.
10. *Scypy. Fundamental algorithms for scientific computing in Python*. Available at: https://scipy.org/ Last accessed: 27.10.2023

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.288055

THE DEVELOPMENT OF THE METHOD OF EVALUATION OF COMPLEX HIERARCHICAL SYSTEMS BASED ON IMPROVED ALFORITM OF PARTICLE SWARM

pages 15–19

Andrii Shyshatskyi, *PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Computerized Management Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: ierikon13@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6731-6390*

Tetiana Pluhina, *PhD, Associate Professor, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6724-6708*

Ganna Plekhova, *PhD, Associate Professor, Department of Informatics and Applied Mathematics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6912-6520*

Anzhela Binkovska, *PhD, Associate Professor, Deputy Head of Department for Academic Work, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9788-4321*

Sergii Pronin, *PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7475-621X*

Tetiana Stasiuk, *Lecturer, Cyclic Commission of General Education Disciplines, Sergeant Military College, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0004-8434-1853*

Oleksii Nalapko, *PhD, Senior Research Fellow, Scientific-Research Laboratory of Automation of Scientific Researches, Central Scientifically-Research Institute of Armaments and Military Equipments of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3515-2026*

Nadiia Protas, *PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0943-0587*

Tetiana Pliushch, *Assistant, Department of Geoinformatics and Photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1271-935X*

Dmytro Burlak, *Senior Researcher Fellow, Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7522-1539*

The scientific task, which is solved in the research, is to increase the efficiency of the evaluation of complex hierarchical real-time systems. Finding solutions to nonlinear optimization problems and especially global optimization problems is one of the most popular problems in computational mathematics. In applied problems, the

objective function, as a rule, has a large number of variables, is not given in an analytical form and is calculated as some integral characteristic of a complex dynamic process. The development of effective methods, to a certain extent adaptive to the variability of the objective function, is especially relevant in connection with the development of computer technology and the possibility of using parallel computing systems. The conducted research was aimed at developing a method of evaluating complex hierarchical systems based on an improved particle swarm. At the same time, the object of research was complex hierarchical real-time systems. The subject of research is the functioning of real-time hierarchical systems.

The novelties of the proposed method consist in:

– creating a multi-level and interconnected description of complex systems of hierarchical real-time systems;

– increasing the efficiency of decision making while evaluating complex systems of hierarchical real-time systems;

– solving the problem of falling into global and local extremes while assessing the state of complex systems of hierarchical real-time systems;

– the possibilities of directed search by several individuals of the particles swarm in a given direction, taking into account the degree of uncertainty;

– the possibilities of re-analysis of the state of complex systems of hierarchical real-time systems;

– avoiding the problem of loops while visualizing the state of the national security system in real time.

It is advisable to implement the specified method in specialized software, which is used to analyze the state of complex systems of hierarchical real-time systems and make management decisions.

Keywords: complex hierarchical real-time systems, responsiveness, particle swarm, global and local optimization.

References

1. Shevchenko, A. I., Baranovskyi, S. V., Bilokobylskyi, O. V., Bodianskyi, Ye. V., Bomba, A. Ya. et al.; Shevchenko, A. I. (Ed.) (2023). *Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini*. Kyiv: IPShI, 305.
2. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zv'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika, 1 (5),* 35–40.
3. 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079
4. 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025
5. 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023
6. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science, 131,* 952–958. doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233
7. 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114
8. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems, 91,* 620–633. doi: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046
9. 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. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
10. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatcii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neironnye seti*. Vinnitca: UNIVERSUM, 320.
11. 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001
12. 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. doi: https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013
13. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivnyi podkhod k imitatcionnomu modelirovaniiu slozhnykh sistem. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskie nauki, 3,* 239–250.
14. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science, 5 (11),* 32–41. doi: https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291244

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE MODEL FOR THE INTER-INTEGRATION OF THE ARCHITECTURE OF THE INTELLIGENT COMPUTER ENVIRONMENT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES OF THE RAILWAY

pages 20–27

Halyna Holub, *PhD, Associate Professor, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of Transport, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: golub.galina@ukr.net, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4028-1025*

Olexsandr Gorobchenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock of Railways, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9868-3852*

Ivan Kuibovskyi, *PhD, Associate Professor, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of Transport, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5329-3842*

Sergey Goolak, *PhD, Associate Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock of Railways, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2294-5676*

Oles Haidenko, *PhD, Senior Lecturer, Kyiv Electromechanical Professional Pre-Higher College, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8308-3910*

The object of research is the processes of intelligent management of the computer environment of data objects of the critical infrastructure of railway transport. When developing an innovative model of deep mutual integration of the architecture of an intelligent computer environment for the management of objects in the power supply system of railway transport, the only urgent task is to solve the problems of efficient and reliable power supply of electricity for train traction to ensure the transportation process. The approaches, mathematical models and methods that became the basis for the creation of an innovative model and a new structure of the management system, the integration of the architecture of the computer environment of data of critical objects of the infrastructure of railway transport, meet the requirements of modernity and the strategy of sustainable development of the transport infrastructure.

Management of an intelligent computer environment in the context of the railway power supply system is a complex process that includes the use of various technologies and strategies to optimize the functioning of systems, increase reliability, ensure efficient use of electricity, and ensure the transportation process. The basis of the creation of an intelligent computer environment is the principle of a single informational and synchronous space for the formation of primary information, which is an important concept in the development of intelligent control systems for the power supply system of railway transport. This principle requires that all parameters and data that are collected from different systems of power supply facilities should be combined in a single information space and be available for analysis and management in real time. This principle creates the basis for innovative solutions in the field of railway power supply system management, and the use of the Internet of Things, artificial intelligence, machine learning and deep learning allows the development of systems that meet modern requirements for the efficiency and reliability of energy systems.

The use of the approach of deep mutual integration of the architecture of the computer environment is key in the possibility of automating the processes of data collection and analysis, as well as in improving the interaction between the components of the systems of power supply facilities of railway transport, the reliability and efficiency of the system, which makes it more flexible and adaptive to changes in load and working conditions.

The research presented in the work can be used in practice in organizations, structural units and at the levels of the management system of critical infrastructure objects in railway transport, transport sector enterprises, which will allow a quick response to an emergency situation and switch to backup modes, ensuring reliability and availability of power supply in conditions of challenges.

Keywords: computer environment, facilities management, power supply system, innovative model, critical infrastructure of railway transport.

References

1. Stasiuk, O., Kuznetsov, V., Zubok, V., Goncharova, L., Muntian, A. (2022). Mathematical Models of Effective Topology of Computer Networks for Electric Power Supply Control on Railway Transport. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, 24 (2),* C27–C32. doi: https://doi.org/10.26552/com.c.2022.2.c27-c32
2. Stasiuk, O. I., Goncharova, L. L. (2018). Mathematical Models and Methods for Analyzing Computer Control Networks of Railway Power Supply. *Cybernetics and Systems Analysis, 54 (1),* 165–172. doi: https://doi.org/10.1007/s10559-018-0017-0
3. Holub, H., Kulbovskyi, I., Skliarenko, I., Bambura, O., Tkachuk, M. (2019). Research of methods for identification of emergency modes of power supply system in transport infrastructure projects. *Technology Audit and Production Reserves, 5 (2 (49)),* 34–36. doi: https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.182830
4. Stasiuk, A. I., Tutik, V. L., Goncharova, L. L., Golub, G. M. (2015). Mathematical models and computer-oriented methods of monitoring and identification of electric traction networks emergency conditions. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 2,* 7–13. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ikszt_2015_2_3
5. Kyrylenko, O. V., Blinov, I. V. (2008). Vyznachennia poshkodzhen na liniiakh elektroperedachi z vykorystanniam shtuchnykh neironnykh merezh. *Naukovi pratsi DonNTU. Elektrotekhnika i enerhetyka, 8,* 9–12.
6. Stohnii, B. S., Kyrylenko, O. V., Denysiuk, S. P. (2010). Intelektualni elektrychni merezhi elektroenerhetychnykh system ta yikhnie tekhnolohichne zabezpechennia. *Tekhnichna elektrodynamika, 6,* 44–50.
7. *EPRI Smart Grid Demonstration Initiative. Two year update* (2010). Electric Power Research Institute (EPRI). California.
8. *Strategic Deployment document for Europe's Electricity Networks of the Future* (2010). European Technology Platform – Smart grids.
9. Gayathri, K., Kumarappan, N. (2010). Accurate fault location on EHV lines using both RBF based support vector machine and SCALCG based neural network. *Expert Systems with Applications, 37 (12),* 8822–8830. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.016
10. Sukhodolia, O. M. (2022). *Shtuchnyi intelekt v enerhetytsi: analitychna dopovid*. Kyiv: NISD, 49. doi: https://doi.org/10.53679/niss-analytrep.2022.09
11. Renewables 2022 (2022). *International Energy Agency.* Available at: https://www.iea.org/reports/renewables-2022
12. How will Blockchain Benefit the Energy Industry? *Consensys.* Available at: https://consensys.net/blockchain-use-cases/energy-and-sustainability/
13. Oleksiiovets, O. I., Kopishynska, K. O. (2023). Vprovadzhennia tsyfrovykh tekhnolohii enerhetychnymy pidpryiemstvamy dlia rozvytku vidnovliuvanoi enerhetyky. *Biznes, innovatsii, menedzhment: problemy ta perspektyvy*. Kyiv, 133–134.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291959

IMPROVEMENT OF ENTERPRISE RISK VISUALIZATION: RISK MAPPING

pages 28–36

Aib Abdelatif, *PhD, Department of Transportation Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-0821-885X*

Djamel Nettour, *PhD, Department of Mining, Metallurgy and Materials Engineering, Higher National School of Engineering and Technology ENSTI, Annaba, Algeria, e-mail: d.nettour@ensti-annaba.dz, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0056-5389*

Rachid Chaib, *Professor, Department of Transportation Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8680-1906*

Ion Verzea, *Professor, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Iasi, Romania, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5012-2888*

Salim Bensehamdi, *Professor, Department of Mining, Metallurgy and Materials Engineering, Higher National School of Engineering and Technology ENSTI, Annaba, Algeria, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0704-9777*

The object of the study is the risks that disrupt the accomplishment of any enterprise's missions. Therefore, mastering these risks is a significant asset for organizations and the overall health of the enterprise. Thus, working comprehensively on organizational risk prevention enables the enterprise to formulate a strategy aimed at guarding against all risk factors. Simultaneously, it identifies areas where more targeted actions need to be undertaken, potentially leading to positive changes within the company. To achieve this and allow for a robust and reliable assessment for better governance of harmful elements in the enterprise, we have used the risk mapping method. It is a data visualization tool aimed at highlighting vulnerabilities in various processes and activities that an organization faces, even allowing for informed decisions to prevent and cope with risks. Risk mapping is defined as the approach of identifying, evaluating, prioritizing, and managing risks inherent in an enterprise's activities. It even delves into a thorough investigation of all managerial, operational, and support processes that activities require implementing. This mapping technique is based on an objective, structured, and documented description of existing risks. The assessment allows for a more detailed analysis of initial and residual risks at all levels of the enterprise, thereby facilitating the development of a prioritized action plan accompanied by an analysis of its funding. This obligation is part of a continuous improvement approach to the quality of life and working conditions, even engaging in a sustainable management process. As a case study, we have chosen to focus on the SAIDAL Group of Constantine. Through this case study, we aim to illustrate the practical implications and benefits of using risk mapping as a strategic tool for risk management in a complex organizational context. Now, having a risk map not only promotes a proactive approach to risk mitigation but also contributes to broader goals of continuous improvement and sustainable risk management practices: a necessity for any enterprise.

Keywords: risk mapping, assessment, improvement, sustainable management, managing risks, health and safety at work.

References

1. Kharzi, R., Chaib, R., Akni, A. (2020). Prioritizing the actions to be undertaken in health and safety at work: case study region of Tiaret. *International Journal of Law and Management, 62 (3),* 267–275. doi: https://doi.org/10.1108/ijlma-01-2018-0009
2. Kharzi, R., Chaib, R., Verzea, I., Akni, A. (2020). A Safe and Sustainable Development in a hygiene and healthy company using decision matrix risk assessment technique: a case study. *Journal of Mining and Environment, 11 (2).* doi: https://doi.org/10.22044/jme.2020.9156.1807
3. Aven, T., Renn, O. (2018). Improving government policy on risk: Eight key principles. *Reliability Engineering & System Safety, 176,* 230–241. doi: https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.018
4. Manheim, D. (2020). The Fragile World Hypothesis: Complexity, Fragility, and Systemic Existential Risk. *Futures, 122,* 102570. doi: https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102570
5. Heckmann, I., Comes, T., Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. *Omega, 52,* 119–132. doi: https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004
6. Abdi, M., Chaib, R., Verzea, I. (2020). Contribution to the occupational risk assessment for sustainable management in health and safety at work: case study. *Acta Technica Napocensis Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 63 (4).*
7. Ekwere, N. (2016). Framework of effective risk management in small and medium enterprises (SMESs): a literature review. *Bina Ekonomi, 20 (1),* 23–46.
8. Hafida, K., Rachid, C., Ahmed, B. (2017). Hazard identification and risk analysis for a reinforced concrete rolling mill. *World Journal of Engineering, 14 (1),* 1–6. doi: https://doi.org/10.1108/wje-11-2016-0123
9. Saker, B., Chaib, R. (2022). Effective and Sustainable Management of Risk Disrupting the Supply Chain Activities: The Case of the ETRAG Company. *International Journal of Performability Engineering, 18 (11),* 770. doi: https://doi.org/10.23940/ijpe.22.11.p2.770780
10. Reniers, G., Landucci, G., Khakzad, N. (2020). What safety models and principles can be adapted and used in security science? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 64,* 104068. doi: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104068
11. Komljenovic, D., Loiselle, G., Kumral, M. (2017). Organization: A new focus on mine safety improvement in a complex operational and business environment. *International Journal of Mining Science and Technology, 27 (4),* 617–625. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.05.006
12. Wachter, J. K., Yorio, P. L. (2014). A system of safety management practices and worker engagement for reducing and preventing accidents: An empirical and theoretical investigation. *Accident Analysis & Prevention, 68,* 117–130. doi: https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.029
13. Maamri, N., Chaib, R., Benidir, M., Verzea, I. (2021). Risk assessment using fuzzy ahp and fuzzy top-sis hybrid approach for safe and sustainable work, case study. *Acta Technica Napocensis. Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 64 (1).*
14. Aouati, M. S., Chaib, R., Cozminca, I., Verzea, I. (2017). Map risks in the company: highlight at the top priority risks. *World Journal of Engineering, 14 (6),* 550–555. doi: https://doi.org/10.1108/wje-12-2016-0159
15. Ramezani, J., Camarinha-Matos, L. M. (2020). Approaches for resilience and antifragility in collaborative business ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change, 151,* 119846. doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119846
16. Komendantova, N., Mrzyglocki, R., Mignan, A., Khazai, B., Wenzel, F., Patt, A., Fleming, K. (2014). Multi-hazard and multi-risk decision-support tools as a part of participatory risk governance: Feedback from civil protection stakeholders. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 8,* 50–67. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2013.12.006
17. Eppler, M. J., Platts, K. W. (2009). Visual strategizing: the systematic use of visualization in the strategic-planning process. *Long Range Planning, 42 (1),* 42–74. doi: https://doi.org/10.1016/j.lrp.2008.11.005
18. Landoll, D. (2021). *The security risk assessment handbook: A complete guide for performing security risk assessments*. Boca Raton: CRC Press, 512. doi: https://doi.org/10.1201/9781003090441
19. Kucuk Yilmaz, A. (2019). Strategic approach to managing human factors risk in aircraft maintenance organization: risk mapping. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 91 (4),* 654–668. doi: https://doi.org/10.1108/aeat-06-2018-0160
20. Arena, M., Arnaboldi, M., Palermo, T. (2017). The dynamics of (dis) integrated risk management: A comparative field study. *Accounting, Organizations and Society, 62,* 65–81. doi: https://doi.org/10.1016/j.aos.2017.08.006
21. Wieczorek-Kosmala, M. (2014). Risk management practices from risk maturity models perspective. *Journal of East European Management Studies, 19 (2),* 133–159. doi: https://doi.org/10.5771/0949-6181-2014-2-133
22. Krzemień, A., Suárez Sánchez, A., Riesgo Fernández, P., Zimmermann, K., González Coto, F. (2016). Towards sustainability in underground coal mine closure contexts: A methodology proposal for

environmental risk management. *Journal of Cleaner Production, 139,* 1044–1056. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.149
23. Hafida, K., Ramdane, B., Rachid, C. (2022). Application of Continuous Improvement Tools to Welding Processes: Case of ENGTP. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 12 (4),* 199–209. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0422_24
24. Ferreira de Araújo Lima, P., Crema, M., Verbano, C. (2020). Risk management in SMEs: A systematic literature review and future directions. *European Management Journal, 38 (1),* 78–94. doi: https://doi.org/10.1016/j.emj.2019.06.005
25. McCrae, M., Balthazor, L. (2000). Integrating Risk Management into Corporate Governance: The Turnbull Guidance. *Risk Management, 2 (3),* 35–45. doi: https://doi.org/10.1057/palgrave.rm.8240057
26. Taleb, M., Bouzerara, R., Chaib, R. (2022). Contribution to the Evaluation of the Influence of the Health Epidemic on the Quality of Life at Work (QWL): a Case Study. *Polish Journal of Environmental Studies, 31 (6),* 5229–5239. doi: https://doi.org/10.15244/pjoes/150018
27. Bouzerara, R., Chaib, R., Verzea, I. (2022). Contribution to the analysis of the impact of hazardous chemicals on employee health case study: company SARL EL CHAFEK (Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology, 12 (1).*
28. Boulagouas, W., Chaib, R., Djebabra, M. (2021). Proposal of a temporality perspective for a successful organizational change project. *International Journal of Workplace Health Management, 14 (5),* 555–574. doi: https://doi.org/10.1108/ijwhm-05-2020-0083
29. Jacobsson, A., Boldt, M., Carlsson, B. (2016). A risk analysis of a smart home automation system. *Future Generation Computer Systems, 56,* 719–733. doi: https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.003
30. *Saidal Group*. Available at: https://www.saidalgroup.dz/
31. Bouly, F., Burkhardt, H., Alemany, R., Yee-Rendon, B., Wollmann, D. (2014). *Preliminary study of constraints, risks and failure scenarios for the High-Luminosity insertions at HL-LHC* (No. CERN-ACC-2014-0135).
32. Delmotte, S., Desroches, A. (2014). Quantitative Global Risk Analysis (GRAq). *19ième Congrès Lambda-Mu de l'Institut de la Maîtrise des Risques, IMDR.* Dijon.
33. Reddivari, S., Rad, S., Bhowmik, T., Cain, N., Niu, N. (2013). Visual requirements analytics: a framework and case study. *Requirements Engineering, 19 (3),* 257–279. doi: https://doi.org/10.1007/s00766-013-0194-3
34. Tena-Chollet, F., Tixier, J., Dusserre, G., Mangin, J.-F. (2013). Development of a spatial risk assessment tool for the transportation of hydrocarbons: Methodology and implementation in a geographical information system. *Environmental Modelling & Software, 46,* 61–74. doi: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.02.010

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293203

DEVELOPMENT OF A MULTI-CRITERIA DESTRUCTION MANAGEMENT MODEL FOR A BETTER URBAN TRANSPORT SYSTEM QUALITY

pages 37–43

Mounira Kelilba, *Postgraduate Student, Department of Transportation Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, e-mail: mounira.kelilba@student.umc.edu.dz, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8910-8995*

Rachid Chaib, *Professor, Department of Transportation Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8680-1906*

Ion Verzea, *Professor, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Iasi, Romania, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5012-2888*

The object of the research is the urban transport quality. The problem to be solved in the course of the study to optimize current planning systems while reducing human impact on managing daily disruptions that affect urban transport quality and citizen well-being. This will allow all buses to run on time and all users to travel in good conditions. This study aims to address the most critical problems of the growing demand for public transportation, the inability to meet these demands, and the approved ineffectiveness of existing planning.

In the course of the research, it is proposed to apply a model for managing daily disturbances that used a developed algorithm based on four major aspects. These aspects include admitting all actors into the system, collecting real-time data, processing data to manage their exploitation and destruction as quickly as possible, and even achieving an ideal operational strategy to handle potential disruptions to the system.

Authors' proposal for achieving this goal involves two types of hardware and software architectures, taking into consideration the use of modern technological innovations and their potential application. While ensuring a good flow of information, which contributes greatly to the proper functioning of the network and even to the proper management of disturbances in real-time. To validate this work, it is possible to simulate an application of this model on an existing situation of a transport line in the city of Constantine (Algeria), already studied in a previous study to see the evolution of the situation in terms of quality reflected by the journey time.

As a result of the research, it is shown that positive feedback and improvement were observed after the first simulation of the application. This result only encourages the application of this proposed approach, which could ensure a better quality of service offered to the users. In the future, the application of this proposed approach could be the revolution of the field of urban transport in Algeria, which is the pillar of the viability, productivity, and efficiency of a city and the well-being of the citizens.

Keywords: disturbance management, service quality, customer satisfaction, urban transit, urban bus operations.

References

1. Fouzia, A., Baghdad, A., Karim, B. (2009). *Vers un système de régulation cellulaire: cas d'un réseau de transport urbain.*
2. Harishankar, C. V., Desai, Y., Dosani, P., Halbe, A. (2020). Optimal Allocation and Scheduling of Buses. *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS),* 290–296. doi: https://doi.org/10.1109/iciccs48265.2020.9120910
3. Wagale, M., Singh, A. P., Sarkar, A. K., Arkatkar, S. (2013). Real-time Optimal Bus Scheduling for a City Using A DTR Model. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 104,* 845–854. doi: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.179
4. Daftary, K., Kapadia, R., Prajapati, D., Shirole, M. (2018). Routed: A Dynamic Bus Scheduling System. *2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI).* doi: https://doi.org/10.1109/ssci.2018.8628885
5. Hans, E. (2015). *Modélisation des lignes de bus pour la prévision temps réel et la régulation dynamique.* École Nationale des Travaux Publics de l'État.
6. Stéphan, M. (2015). *Fiabilité du temps de transport: Mesures, valorisation monétaire et intégration dans le calcul économique public.* Université Montpellier.

7. Fan, W., Gurmu, Z. (2015). Dynamic Travel Time Prediction Models for Buses Using Only GPS Data. *International Journal of Transportation Science and Technology, 4 (4)*, 353–366. doi: https://doi.org/10.1016/s2046-0430(16)30168-x
8. Saadi, A., Sahnoune, T. (2019). Le problème de la circulation et du stationnement dans le centre-ville de Constantine. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 25 (1)*, 45–6.
9. Beldjoudi, I. R. B., Labii, B. (2012). Constantine: ville congestionnee par les transports urbains. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 41–49.
10. Asgari, F., Gauthier, V., Becker, M. (2013*). A survey on human mobility and its applications*. arXiv preprint arXiv:1307.0814. doi: https://doi.org/10.48550/arXiv.1307.0814
11. *.NET documentation. Microsoft Ignite* (2022). Available at: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/
12. *XAMARIN documentation. Microsoft Ignite* (2022). Available at: https://learn.microsoft.com/en-gb/xamarin/
13. *Desktop Guide (WPF. NET). NET documentation. Microsoft Ignite* (2022). Available at: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/?view=netdesktop-6.0
14. Descoimps, É. (2011). *Analyse des données issues d'un système de perception par carte à puce d'une société de transport en commun: normalité des déplacements et influence des conditions météorologiques*. École Polytechnique de Montréal.
15. Kelilba, M., Chaib, R. (2022). Towards better efficient management of urban public transportation by bus in the city of constantine. *Transport Problems'2022*. Katowice: Silesian University of Technology, 999.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293205

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS TO SUPPORT DECISION-MAKING REGARDING THE FUNCTIONING OF CRITICAL INFRASTRUCTURE IN THE INDUSTRY OF ENERGY SUPPLY

pages 44–49

Oleksandr Terentiev, *Doctor of Technical Sciences, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4288-1753*

Tetyana Prosyankina-Zharova, *PhD, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: t.pruman@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9623-8771*

Valerii Diakon, *PhD, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-2314-8188*

Roman Manuilenco, *PhD, Department of Theory of Control Systems, Institute of Applied Mathematics and Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1083-9697*

The object of research is the energy supply company and the processes of generation and supply of electric energy. The paper examines the problems of building mathematical models for forecasting the operation of a critical infrastructure object in the conditions of a changing security environment, characterized by unpredictability, the presence of uncertainties of various types, the appearance of new threats, their combinations, changes in the form, duration, nature of their influence. In the work, the main attention is paid to the study of the functioning of critical infrastructure in the field of energy supply. Based on the study of the functioning of the energy company system, methods of dealing with uncertainties at the stage of data preparation for analysis and during the preliminary construction of models are presented, in particular, statistical and probabilistic approaches, modeling of the studied processes, alternative methods of estimating model parameters, etc. The complexity of preparing the input data set is related to the fact that it is necessary to ensure the representativeness and variability of the data sets, given that a significant number of factors must be included in the model according to the requirements of regulatory documents, which can lead to multicollinearity of the input variables. The paper proposes an analytical toolkit based on the use of mathematical models and their combinations, intended for use in specialized decision support systems. In the course of the research, a number of numerical experiments were conducted, in which the proposed methodology was worked out on the materials of the enterprise – the object of the critical infrastructure of the energy sector. SAS Energy Forecasting software was used to build the models. The best forecasting results are obtained using generalized linear models (GLM), in particular the GLM model in the form of ARIMAX (a moving average autoregressive model that includes an integrated trend component and external regressors). The proposals presented in the work will allow to increase the efficiency of the functioning of the energy sector, including the determination of the goals, tasks and benchmarks of its operation in regular mode for certain periods of time, as well as in the field of development of universal and special mechanisms for ensuring stability in the mode of response to threats and critical situations.

Keywords: critical infrastructure, mathematical models, decision-support system, threats, critical situation.

References

1. *Pro krytychnu infrastrukturu* (2021). Zakon Ukrainy No. 1882-IX. 16.11.2021. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text
2. *Na Zakarpatti zapustyly Sytuatsiino-analitychnyi tsentr* (2022). Available at: https://carpathia.gov.ua/news/na-zakarpatti-zapustili-situacijno-analitichnij-centr
3. *Sait Ministerstva tsyfrovoi transformatsii Ukrainy*. Available at: https://thedigital.gov.ua
4. *Informatsiino-analitychna systema «SOTA»*. Available at: https://www.rnbo.gov.ua/ua/COTA.html
5. *United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)*. Available at: https://www.undrr.org/#
6. *Centrefor Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)*. Available at: https://www.cred.be
7. *The International Disasters Database (EM-DAT)*. Available at: https://www.emdat.be
8. *«Ievropeiskyi dosvid rozbudovy systemy zakhystu krytychnoi infrastruktury: uroky dlia Ukrainy». Analitychna zapyska* (2013). Available at: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/evropeyskiy-dosvid-rozbudovi-sistemi-zakhistu-kritichnoi
9. *Stiikist zdiisnennia zhyttievo vazhlyvykh funktsii: uzahalnennia dosvidu reahuvannia Ukrainy na ruinuvannia enerhetychnoi infrastruktury* (2023). Available at: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/stiykist-zdiysnennya-zhyttyevo-vazhlyvykh-funktsiy-uzahalnennya
10. Pederson, P., Dudenhoeffer, D., Hartley, S., Permann, M. (2006). *Critical In frastructure Interdependency Modeling (CIMS)*. National

Laboratory Idaho Falls. Idaho, 126. Available at: http://cip.management.dal.ca/publications/Critical%20Infrastructure%20Interdependency%20Modeling.pdf
11. *High-level Advisory Bodyon Artificial Intelligence*. United Nations. Available at: https://www.un.org/en/ai-advisory-body
12. Shevchenko, A. I., Kondratenko, Yu. P., Bilokobylskyi, O. V., Lande, D. V., Vakulenko, M. O., Mintser, O. P. et al. (2022). Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini na 2022–2030 rr. *Artificial Intelligence, 1,* 75–157. Available at: https://www.slyusar.kiev.ua/AI_2022-1-1_ua.pdf
13. *SAS EnergyForecasting*. Available at: https://www.sas.com/en_us/software/energy-forecasting.html
14. Kaptein, M., Vanden, H. E. (2022). *Statistics fo rData Scientists*. Cham: Springer, 321. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-10531-0
15. Fomby, T. (2008). *The Unobservable Components Model*. Southern Methodist University Dallas, 42. Available at: https://s2.smu.edu/tfomby/eco5375/data/Unobservable%20Components%20Models/The%20Unobservable%20Components%20Model.pdf
16. Blaine, B. (2023). *Introductory Applied Statistics*. Cham: Springer, 190. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-27741-2
17. Kokonendji, C. C., Bonat, W. H., Abid, R. (2020). Tweedie regression models and its geometric sums for (semi-) continuous data. *WIREs Computational Statistics, 13 (1)*. doi: https://doi.org/10.1002/wics.1496
18. Terentiev, O. M. (2021). *Modeli, metody ta informatsiini tekhnolohii prohnozuvannia neliniinykh nestatsionarnykh protsesiv v umovakh nevyznachenosti*. Kyiv, 469. Available at: https://itgip.org/wp-content/uploads/2021/04/dis.pdf
19. Hernández, L., Baladrón, C., Aguiar, J., Calavia, L., Carro, B., Sánchez-Esguevillas, A. et al. (2014). Artificial Neural Network for Short-Term Load Forecasting in Distribution Systems. *Energies, 7 (3),* 1576–1598. doi: https://doi.org/10.3390/en7031576
20. Borra, S., Dey, N., Bhattacharyya, S., Bouhlel, M. S. (Eds.) (2019). *Intelligent decision support systems*. Berlin, Boston: DeGruyter, 183. doi: https://doi.org/10.1515/9783110621105

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293274

DEVELOPMENT OF A COMPLEX MODEL FOR PROCESSING VARIOUS DATA

pages 50–55

Oleksandr Gaman, *Postgraduate Student, Scientific and Organizational Department, Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Informatization, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4676-3321, e-mail: oleksandr.gaman@viti.edu.ua*

Ihor Kiris, *Senior Research Fellow, Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3036-8603*

The object of the research is intelligent decision-making support systems. The scientific problem that is solved in the research is the development of a comprehensive model for processing various types of data in intelligent decision-making support systems (DMSS). The relevance of the research lies in the fact that in intelligent DMSS circulate different in origin and units of measurement data obtained from various technical devices of obtaining information.

The essence of the integrated approach in modeling is that two partial models are proposed: a model for processing different types of data in intelligent decision-making support systems and a model for processing homogeneous data in intelligent decision-making support systems.

Analysis of the intelligent DMSS model for processing different types of data allows to draw such a conclusion. While solving the problem of processing different types of data, a model of intelligent DMSS is proposed, in contrast to traditional, even for the process of solving partial problems incorrectly started by experts with the help of self-organization, expressed in the coordination of partial tasks of the decision maker, striving for an ideal solution to the problem of processing different types of data, which increases the efficiency of finding an acceptable result for processing different types of data.

The homogeneous data processing model is based on the idea that the same processing of homogeneous data in intelligent DMSS can be solved in parallel by different functional elements. Element integration relationships arise as internal non-verbal images in the user's memory, which can compare the dynamics of modeling a task for processing different types of data in intelligent DMSS from different points of view, which allows to see what modeling does not give using one model.

The direction of further research should be considered the improvement of information processing methods in intelligent decision-making support systems.

Keywords: decision-making support systems, efficiency of decisions, dynamics of modeling, different types of data.

References

1. Shevchenko, A. I., Baranovskyi, S. V., Bilokobylskyi, O. V., Bodianskyi, Ye. V., Bomba, A. Ya. et al.; Shevchenko, A. I. (Ed.) (2023). *Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini*. Kyiv: IPShI, 305.
2. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zv'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika, 1 (5)*, 35–40.
3. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskyi, 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. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301
4. 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. doi: https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940
5. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskyi, 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. doi: https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353
6. Zuiev, P., Zhyvotovskyi, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (9 (106))*, 14–23. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554
7. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Ye., Trotsko, O., Neroznak, Ye. (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. doi: https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020
8. 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. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05

9. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatcii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neironnye seti*. Vinnitca: UNIVERSUM, 320.
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. doi: 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. doi: 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. doi: 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. doi: 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046
15. 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. doi: 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. doi: 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. doi: https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2
18. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivnyi podkhod k imitatcionnomu modelirovaniiu slozhnykh sistem. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskie nauki, 3,* 239–250.
19. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science, 5 (11),* 32–41. doi: https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04

INFORMATION TECHNOLOGIES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293063

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ГЕТЕРОГЕННИХ РОЇВ БПЛА ЗА ДОПОМОГОЮ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ (стор. 6–10)

Альбрехт Й. О., Писаренко А. В.

Об'єктом дослідження є гетерогенні та гомогенні рої безпілотних літальних апаратів (БПЛА). В дослідженні основна увага приділяється порівнянню гетерогенних і гомогенних роїв БПЛА, вивченню їх продуктивності в симуляційному середовищі, розробленому за допомогою бібліотеки Python Gym. Дослідження передбачає застосування алгоритмів навчання з підкріпленням, зокрема, проксимальної оптимізаційної політики, для навчання та оцінки роїв.

Основне питання, яке вирішується в цьому дослідженні, полягає в тому, щоб визначити, який тип рою БПЛА – гетерогенний або гомогенний – демонструє кращу продуктивність при виконанні певної задачі. Обрана задача передбачає пошук груп об'єктів у невідомій місцевості, що підкреслює здатність рою адаптуватися та ефективно знаходити об'єкти в динамічному середовищі.

Отримані результати свідчать про перевагу гетерогенних роїв БПЛА над їхніми однорідними аналогами. Гетерогенний рій має крутішу криву навчання та досягає вищих результатів за меншу кількість епізодів на етапі навчання. Основний висновок полягає в тому, що різноманітний набір навичок у гетерогенному рої дозволяє швидше адаптуватися до мінливих умов навколишнього середовища. Вища ефективність гетерогенного рою пояснюється різноманітністю можливостей агентів БПЛА, що дозволяє їм використовувати свої індивідуальні сильні сторони для досягнення кращої загальної ефективності при виконанні поставленого завдання.

Практичне застосування цих результатів залежить від вимог завдання та умов навколишнього середовища. У сценаріях, де завдання вимагають різноманітних навичок і адаптивності до мінливих умов, рекомендується використовувати гетерогенні рої БПЛА. Результати свідчать про їхню ефективність у таких сферах, як пошуково-рятувальні операції, моніторинг довкілля та інші динамічні завдання.

Отже, це дослідження дає корисну інформацію щодо оптимізації складу рою БПЛА для виконання конкретних завдань. Результати мають як теоретичне, так і практичне значення, оскільки підкреслюють переваги гетерогенності в можливостях рою.

Ключові слова: навчання з підкріпленням, рої роботів, гетерогенні рої, рої БПЛА, гетерогенні рої БПЛА.

DOI: 10.15587/2519-4798.2023.293067

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В AGILE МОДЕЛІ (стор. 10–14)

Харченко К. В., Безносик О. Ю., Булах Б. В., Іщенко Г. В., Яременко В. С.

Об'єктом дослідження є процес тестування та експлуатації програмного забезпечення з мінімізацією витрат. В циклі Software Development Life Cycle в залежності від обраного варіанту гнучкої методології фокусується особлива увага на тестуванні версій програмного забезпечення як в процесі проходження ітерацій, так і в процесі релізу альфа-, бета- та продакшн версій.

В цій роботі вирішується проблема побудови методу оптимізації витрат на тестування програмного забезпечення, який оцінює функцію витрат на тестування та функцію вартості завданих збитків від виникнення помилки.

Використавши метод оптимізації (наприклад, метод спуску першого порядку), з двох функцій витрат на тестування та оцінки завданих збитків в процесі експлуатації можливо розрахувати оптимальну вартість витрат на тестування та експлуатацію програмного продукту.

Отримані результати свідчать, що при правильній оцінці функцій витрат і функцій завданих збитків такі розрахунки дозволяють значно економити кошти та час на виготовлення чергової версії програмного продукту.

Ці результати пояснюються тим, що метод оптимізації функції витрат знаходить точку оптимуму та дозволяє наперед оцінювати бюджет та ризики під час розробки та експлуатації програмного забезпечення.

В роботі наведено декілька прикладів розрахунку та оптимізації витрат на тестування в рамках запропонованої концепції для однієї ітерації в гнучкому циклі розробки програмного забезпечення.

Результати дослідження можуть бути використані на практиці за умови, що функції оцінки витрат на тестування та на компенсацію завданих збитків під час експлуатації програмного забезпечення задані коректно. Досвідчені менеджери та керівники проєктів за певну кількість ітерацій досить точно визначають ці функції, що дає можливість застосувати метод пошуку мінімуму витрат бюджету на тестування та експлуатацію програмного продукту.

Ключові слова: Agile, SCRUM, життєвий цикл розробки програмного забезпечення, тестування, QA, управління ризиками.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.288055

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНИХ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОГО АЛГОРИТМУ РОЮ ЧАСТИНОК (стор. 15–19)

Шишацький А. В., Плугіна Т. В., Плєхова Г. А., Бінькowська А. Б., Пронін С. В., Стасюк Т. О., Калапко О. Л., Протас Н. М., Плющ Т. М., Бурлак Д. Ю.

Наукове завдання, яка вирішується в дослідженні є підвищення оперативності оцінювання складних ієрархічних систем реального часу. Пошук рішень нелінійних оптимізаційних задач і особливо задач глобальної оптимізації є однією з найпопулярніших проблем обчислювальної математики. У прикладних задачах цільова функція, як правило, має велику кількість змінних, не задана в аналітичній формі та обчислюється як деяка інтегральна характеристика складного динамічного процесу. Розробка ефективних методів, певною мірою адаптивних до характеру змінності цільової функції, особливо актуальна в зв'язку з розвитком обчислювальної техніки та можливості використання паралельних обчислювальних систем. Проведене дослідження було направлене на розробку

методу оцінювання складних ієрархічних систем на основі удосконаленого рою частинок. При цьому об'єктом дослідження були складні ієрархічні системи реального часу. А предметом дослідження – функціонування ієрархічних систем реального часу.

Новизна запропонованого методу полягає у:

– створенні багаторівневого та взаємопов'язаного опису складних систем ієрархічних систем реального часу;

– підвищенні оперативності прийняття рішень при оцінюванні складних систем ієрархічних систем реального часу;

– вирішенні проблеми попадання в глобальний та локальний екстремуми при оцінюванні стану складних систем ієрархічних систем реального часу;

– можливості направленого пошуку декількома особинами рою частинок в заданому напряму з урахуванням ступеню невизначеності;

– можливості повторного аналізу стану складних систем ієрархічних систем реального часу;

– уникненні проблеми утворення петель при візуалізації стану системи забезпечення національної безпеки в режимі реального часу.

Зазначений метод доцільно реалізувати у спеціалізованому програмному забезпеченні, яке використовується для аналізу стану складних систем ієрархічних систем реального часу та прийнятті управлінських рішень.

Ключові слова: складні ієрархічні системи реального часу, оперативність, рій частинок, глобальна та локальна оптимізації.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291244

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОІНТЕГРАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦІ (стор. 20–27)

Голуб Г. М., Горобченко О. М., Кульбовський І. І., Гулак С. О., Гайденко О. С.

Об'єктом дослідження є процеси інтелектуального управління комп'ютерним середовищем даних об'єктів критичної інфраструктури залізничного транспорту. При розробці інноваційної моделі глибокої взаємоінтеграції архітектури інтелектуального комп'ютерного середовища управління об'єктами системою електропостачання залізничного транспорту єдиною актуальною задачею є вирішення проблем ефективного та надійного електропостачання електроенергії на тягу поїздів для забезпечення перевізного процесу. Підходи, математичні моделі та методи, які стали основою до створення інноваційної моделі та нової структури системи управління, інтеграції архітектури комп'ютерного середовища даних критичних об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, відповідають вимогам сучасності та стратегії сталого розвитку транспортної інфраструктури.

Управління інтелектуальним комп'ютерним середовищем в контексті системи електропостачання залізничного транспорту є складним процесом, що включає в себе використання різних технологій та стратегій для оптимізації функціонування систем, підвищення надійності, забезпечення ефективного використання електроенергії, забезпечення перевізного процесу. В основі створення інтелектуального комп'ютерного середовища лежить принцип єдиного інформаційно-синхронного простору для формування первинної інформації, що є важливою концепцією в розвитку інтелектуальних систем управління системою електропостачання залізничного транспорту. Цей принцип вимагає, щоб усі параметри та дані, які збираються з різних систем об'єктів електропостачання, були об'єднані в єдиному інформаційному просторі та були доступні для аналізу та управління в режимах реального часу. Цей принцип створює основу для інноваційних рішень у сфері управління системою електропостачання залізничного транспорту, а використання інтернет-речей, штучного інтелекту, машинного навчання та глибокого навчання дозволяє розвивати системи, які відповідають сучасним вимогам до ефективності та надійності енергетичних систем.

Використання підходу глибокої взаємоінтеграції архітектури комп'ютерного середовища є ключовою у можливості автоматизації процесів збору та аналізу даних, а також у покращенні взаємодії між компонентами систем об'єктів електропостачання залізничного транспорту, надійності та ефективності системи, що робить її більш гнучкою та адаптивною до змін у навантаженні та умовах роботи.

Дослідження, які наведено в роботі, можуть використовуватися на практиці в організаціях, структурних підрозділах та на рівнях системи управління об'єктами критичної інфраструктури на залізничному транспорті, підприємствах транспортного сектору, що дозволить швидко реагувати на аварійну ситуацію та переходити на резервні режими, забезпечуючи надійність та доступність електропостачання в умовах викликів.

Ключові слова: комп'ютерне середовище, управління об'єктами, система електропостачання, інноваційна модель, критична інфраструктура залізничного транспорту.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291959

ПОКРАЩЕННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ПІДПРИЄМСТВА: КАРТУВАННЯ РИЗИКІВ (стор. 28–36)

Aib Abdelatif, Djamel Nettour, Rachid Chaib, Ion Verzea, Salim Bensehamdi

Об'єктом дослідження є ризики, які заважають виконанню місії будь-якого підприємства. Тому подолання цих ризиків є значним активом для організацій та загального здоров'я співробітників підприємства. Таким чином, комплексна робота з попередження організаційних ризиків дозволяє підприємству сформулювати стратегію, спрямовану на захист від усіх факторів ризику. Водночас він визначає сфери, де необхідно вжити більш цілеспрямованих дій, що потенційно призведе до позитивних змін у компанії. Щоб досягти цього та забезпечити надійну та тверду оцінку для кращого управління шкідливими елементами на підприємстві, було використано метод картування ризиків. Це інструмент візуалізації даних, спрямований на висвітлення вразливостей у різних процесах і діях, з якими стикається організація, навіть, дозволяючи приймати обґрунтовані рішення щодо запобігання ризикам і впоратися з ними. Картування ризиків визначається, як підхід до ідентифікації, оцінки, встановлення пріоритетів та управління ризиками, властивими діяльності підприємства. Він навіть заглиблюється в ретельне дослідження всіх управлінських, операційних і допоміжних процесів, діяльність яких потребує реалізації. Цей метод картографування базується на об'єктивному, структурованому та задокументованому описі існуючих ризиків. Оцінка дозволяє більш детально проаналізувати початкові та залишкові ризики на всіх рівнях підприємства, що сприяє розробці пріоритетного плану дій, що супроводжується аналізом його фінансування. Це зобов'язання є частиною підходу до постійного вдосконалення якості життя та умов праці, навіть залучення до процесу сталого управління. У якості прикладу було вирішено зосередитися на групі SAIDAL у Костянтині (Алжир). За допомогою цього прикладу прагнемо проілюструвати практичні наслідки

та переваги використання картографування ризиків як стратегічного інструменту управління ризиками в складному організаційному контексті. Тепер наявність карти ризиків не тільки сприяє проактивному підходу до зменшення ризиків, але й сприяє досягненню ширших цілей постійного вдосконалення та стійких практик управління ризиками, що є необхідністю для будь-якого підприємства.

Ключові слова: картування ризиків, оцінка, вдосконалення, стале управління, управління ризиками, охорона праці.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293203

РОЗРОБКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕШКОДАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ (стор. 37–43)

Mounira Kelilba, Rachid Chaib, Ion Verzea

Об'єктом дослідження є якість міської транспортної системи. Проблема, яка вирішується у ході дослідження, полягає в оптимізації поточних систем планування, при одночасному зменшені людського впливу на управління щоденними перебоями, що впливають на якість міського транспорту та добробут громадян. Це дозволить всім автобусам їздити вчасно, а всім користувачам – у хороших умовах. Це дослідження спрямоване на вирішення найбільш критичних проблем зростання попиту на громадський транспорт, неможливості задовольнити ці потреби та визнаної неефективності існуючого планування.

У ході дослідження запропоновано застосувати модель управління щоденними порушеннями, яка використовує розроблений алгоритм, заснований на чотирьох основних аспектах. Ці аспекти включають допуск усіх суб'єктів до системи, збір даних у режимі реального часу, обробку даних для якнайшвидшого керування їх використанням і знищенням, і навіть досягнення ідеальної операційної стратегії для обробки потенційних збоїв у системі.

Пропозиція авторів для досягнення цієї мети передбачає два типи архітектур апаратного та програмного забезпечення, враховуючи використання сучасних технологічних інновацій та їх потенційне застосування. При цьому забезпечується хороший потік інформації, що значною мірою сприяє належному функціонуванню мережі та навіть належному управлінню збоями в режимі реального часу. Щоб перевірити цю роботу, змоделювано застосування цієї моделі на існуючій ситуації транспортної лінії в місті Константін (Алжир), яка вже була вивчена в попередньому дослідженні, щоб побачити еволюцію ситуації з точки зору якості, відображеної тривалістю в дорозі.

У результаті дослідження показано, що позитивний відгук і покращення спостерігалися після першого моделювання програми. Цей результат лише спонукає до застосування цього запропонованого підходу, який міг би забезпечити кращу якість послуг, що пропонуються користувачам. У майбутньому застосування цього запропонованого підходу може стати революцією у сфері міського транспорту в Алжирі, який є основою життєздатності, продуктивності та ефективності міста та добробуту громадян.

Ключові слова: управління перешкодами, якість обслуговування, задоволеність клієнтів, міський транспорт, міські автобусні перевезення.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293205

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ (стор. 44–49)

Терентьєв О. М., Просянкіна-Жарова Т. І., Дякон В. М., Мануйленко Р. І.

Об'єктом дослідження є енергопостачальні компанії та процеси генерації та постачання електричної енергії. В роботі розглянуті проблеми побудови математичних моделей для прогнозування функціонування об'єкта критичної інфраструктури в умовах мінливого безпекового середовища, що характеризується непередбачуваністю, наявністю невизначеностей різних типів, появою нових загроз, їх комбінацій, зміною форм, тривалості, характеру їх впливу. У роботі приділено основну увагу дослідженню функціонування критичної інфраструктури в галузі енергопостачання. На основі дослідження функціонування системи енергетичної компанії, представлені методи боротьби з невизначеностями на етапі підготовки даних до аналізу та під час попередньої побудови моделей, зокрема, статистичні та ймовірнісні підходи, моделювання досліджуваних процесів, альтернативні методи оцінювання параметрів моделей, тощо. Складність підготовки вхідного набору даних пов'язана з тим, що необхідно забезпечити репрезентативність та варіабельність наборів даних, враховуючи те, що значна кількість факторів повинна бути включена в модель згідно вимог нормативних документів, що може призвести до мультиколінеарності вхідних змінних. У роботі запропоновано аналітичний інструментарій, заснований на використанні математичних моделей та їх комбінацій, призначений до використання у спеціалізованих системах підтримки прийняття рішень. В ході дослідження було проведено ряд чисельних експериментів, в яких опрацьовано запропоновану методику на матеріалах підприємства – об'єкта критичної інфраструктури енергетичного сектору. Для побудови моделей використано програмне забезпечення SAS Energy Forecasting. Кращі результати прогнозування отримані за використання узагальнених лінійних моделей (GLM), зокрема моделі GLM у вигляді ARIMAX (модель авторегресії із ковзним середнім, що включає інтегровану складову-тренд та зовнішні регресори). Пропозиції, представлені в роботі, дозволять підвищити ефективність функціонування енергетичного сектору, в тому числі, щодо визначення цілей, завдань та орієнтирів його функціонування в штатному режимі на певні часові періоди, а також у сфері розробки універсальних і спеціальних механізмів забезпечення стійкості у режимі реагування на загрози та критичні ситуації.

Ключові слова: критична інфраструктура, математичні моделі, система підтримки прийняття рішень, загрози, критична ситуація.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293274

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ ОБРОБКИ РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ (стор. 50–55)

Гаман О. В., Кіріс І. П.

Об'єктом дослідження є інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Наукове завдання, яка вирішується в дослідженні, є розробка комплексної моделі обробки різнотипних даних в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень (СППР). Актуальність дослідження полягає в тому, що в інтелектуальних СППР циркулюють різні за походженням та одиницями виміру дані, отримані від різних технічних засобів добування інформації.

ISSN 2664-9969

Сутність комплексного підходу в моделюванні полягає в тому, що запропоновано дві часткові моделі: модель обробки різнотипних даних в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень та модель обробки однорідних даних в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

Аналіз моделі інтелектуальної СППР з обробки різнотипних даних дозволяє зробити такий висновок. При вирішенні завдання з обробки різнотипних даних запропонована модель інтелектуальної СППР, на відміну від традиційних, навіть за неправильно розпочатому експертами процесі вирішенні часткових завдань з допомогою самоорганізації, вираженої у координації часткових завдань особи, що приймає рішення, прагне до ідеального вирішення завдання з обробки різнотипних даних, що підвищує ефективність знаходження прийнятного результату з обробки різнотипних даних.

В основі моделі обробки однорідних даних покладена ідея про те, що те саме обробка однорідних даних в інтелектуальних СППР може вирішуватися паралельно різними функціональними елементами. Відносини інтеграції елементів виникають як внутрішні невербальні образи в пам'яті користувача, який може порівнювати динаміку моделювання завдання з обробки різнотипних даних в інтелектуальних СППР з різних точок зору, що дозволяє побачити те, чого не дає моделювання з використанням однієї моделі.

Напрямком подальших досліджень слід вважати удосконалення методів обробки інформації в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, оперативність рішень, динаміка моделювання, різнотипні дані.