

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309030
DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE STATE OF HIERARCHICAL SYSTEMS USING A META-HEURISTIC APPROACH (p. 6–14)

Illia Dmytriiev

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8693-3706>

Nina Kuchuk

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0784-1465>

Oleksandr Stanovskiy

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5824-3829>

Oleksandr Yefymenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0628-7893>

Ganna Plekhova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6912-6520>

Yuliia Vakulenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6315-0116>

Nadiia Protas

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0943-0587>

Larisa Degtyareva

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-9550>

Nataliia Apenko

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-0869>

Maksym Sainog

State Enterprise «State Kyiv Design Bureau «LUCH», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0611-3116>

Optimization is a complex process of defining a set of solutions for a wide range of problems, including management decision-making.

One of the approaches to increasing the efficiency of solving optimization problems is metaheuristic algorithms. The problem solved in the study is to increase decision-making efficiency in the problems of assessing the state of hierarchical systems while ensuring a given reliability, regardless of its hierarchy. The object of the study is hierarchical systems. The subject of the study is the decision-making process in management problems using an advanced Tasmanian devil algorithm (TDA) and evolving artificial neural networks. A methodical approach using a metaheuristic algorithm is proposed. For TDA training, evolving artificial neural networks are used.

The originality of the proposed method lies in setting TDA taking into account the uncertainty of the initial data, improved global and local search procedures. Also, the originality of the study lies in determining TDA feeding locations, which allows prioritizing the

search in a given direction. The next original element of the study is the possibility of choosing a TDA hunting strategy, which allows a rational use of available system computing resources. Another original element of the study is determining the initial velocity of each TDA. This makes it possible to optimize the speed of exploration by each TDA in a specific direction. Using the methodical approach provides a 14–17 % increase in data processing efficiency by using additional improved procedures. The proposed methodical approach should be used to solve the problems of evaluating hierarchical systems.

Keywords: hierarchical systems, artificial neural networks, swarm algorithms, optimization, multimodal functions.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskiy, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. Ozbroiennia ta viyskova tekhnika, 1, 35–39. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2015_1_7
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., Shyshatskiy, A., Salmikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hroholskiy, 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., Turinskiy, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskiy, 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. Shyshatskiy, 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/ijatse/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. Shyshatskiy, A., Stasiuk, T., Odarushchenko, E., Berezanska, K., Demianenko, H. (2023). Method of assessing the state of hierarchical objects based on bio-inspired algorithms. Advanced Information Systems, 7 (3), 44–48. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.06>
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., 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>
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>
21. Mahdi, Q. A., Shyshatskyi, A., Prokopenko, Y., Ivakhnenko, T., Kupriyenko, D., Golian, V. et al. (2021). Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>
22. Petrovska, I., Kuchuk, H. (2023). Adaptive resource allocation method for data processing and security in cloud environment. *Advanced Information Systems*, 7 (3), 67–73. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.10>
23. Braik, M., Ryalat, M. H., Al-Zoubi, H. (2021). A novel meta-heuristic algorithm for solving numerical optimization problems: Ali Baba and the forty thieves. *Neural Computing and Applications*, 34 (1), 409–455. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06392-x>
24. Khudov, H., Khizhnyak, I., Glukhov, S., Shamrai, N., Pavlii, V. (2024). The method for objects detection on satellite imagery based on the firefly algorithm. *Advanced Information Systems*, 8 (1), 5–11. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.1.01>
25. Poliarush, O., Krepych, S., Spivak, I. (2023). Hybrid approach for data filtering and machine learning inside content management system. *Advanced Information Systems*, 7 (4), 70–74. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.09>
26. Chalyi, S., Leshchynskiy, V. (2023). Possible evaluation of the correctness of explanations to the end user in an artificial intelligence system. *Advanced Information Systems*, 7 (4), 75–79. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.4.10>
27. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
28. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., Ugryn, D. (2017). Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 14–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
29. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the second-order adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 48–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
30. Gorbenko, I., Ponomar, V. (2017). Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 21–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
31. Koval, M., Sova, O., Orlov, O., Shyshatskyi, A., Artabaiev, Y., Shknaï, O. et al. (2022). Improvement of complex resource management of special-purpose communication systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (119)), 34–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266009>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310548
IMPROVING LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR ASSESSING PRODUCT SALES TAKING INTO ACCOUNT SOCIAL RESPONSIBILITY OF CONSUMERS (p. 15–25)

Liudmyla Potrashkova

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8239-2794>

The object of this study is the process of analyzing the volume of product sales in the retail market, where producers and consumers with different levels of social responsibility operate. Advancements are aimed at solving the problem of insufficient consideration of the social responsibility of economic entities in modern economic and mathematical models. In the work, the improvement of the linear programming model, intended for the evaluation of sales of alternative variants of goods with different social utility to consumers with different social responsibility, by taking into account some real conditions of making purchases, was carried out. As a result of the study, a modification of the model was proposed that makes it possible to take into account the behavior of buyers who choose a product randomly. Also, with the help of additional restrictions, the model takes into account the fact that consumers with different social responsibility make purchases in parallel in time. In addition, the approach to identifying a set of consumer groups in the aspect of social responsibility using the method of questionnaires of the ranking type and building a decision tree of consumers is described.

The proposed modification of the model was tested on the example of evaluating the sales volumes of environmentally-friendly and non-environmentally-friendly varieties of goods in the office paper market. It is shown that not taking into account the added restrictions in the model could significantly affect the estimates of sales volumes.

The proposed improvements to the model make it possible to obtain more realistic estimates of the volume of sales of goods, taking

into account the social responsibility of consumers, as well as quantitative and qualitative characteristics of competitors' offers. This contributes to better decision-making support for manufacturing socially useful products, in particular, environmentally-friendly ones.

Keywords: environmentally-conscious consumption, environmentally-friendly products, sales structure in the market, linear programming.

References

- Čater, T., Čater, B., Milić, P., Žabkar, V. (2023). Drivers of corporate environmental and social responsibility practices: A comparison of two moderated mediation models. *Journal of Business Research*, 159, 113652. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113652>
- Potrashkova, L. V. (2017). Conceptual framework for simulation of socially responsible activities of an enterprise. *Actual Problems of Economics*, 6 (192), 243–253.
- Potrashkova, L. V. (2018). The Support of Decision-Making for Strategic Planning of the Socially Responsible Activity of Enterprise on the Basis of Evaluation of its Potential. *Business Inform*, 11, 187–201. Available at: https://www.business-inform.net/annotated-catalogue/?year=2018&abstract=2018_11_0&lang=ua&stqa=27
- Mahmud, A. (2024). How and when consumer corporate social responsibility knowledge influences green purchase behavior: A moderated-mediated model. *Heliyon*, 10 (3), e24680. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24680>
- Benos, T., Burkert, M., Hüttl-Maack, V., Petropoulou, E. (2022). When mindful consumption meets short food supply chains: Empirical evidence on how higher-level motivations influence consumers. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 520–530. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.07.028>
- Rios, K., Finkelstein, S. R., Landa, J. (2014). Is There a «Fair» in Fair-Trade? Social Dominance Orientation Influences Perceptions of and Preferences for Fair-Trade Products. *Journal of Business Ethics*, 130 (1), 171–180. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2221-9>
- Saboya de Aragão, B., Alfinito, S. (2021). The relationship between human values and conscious ecological behavior among consumers: Evidence from Brazil. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100024>
- Swaen, V., Demoulin, N., Pauwels-Delassus, V. (2021). Impact of customers' perceptions regarding corporate social responsibility and irresponsibility in the grocery retailing industry: The role of corporate reputation. *Journal of Business Research*, 131, 709–721. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.12.016>
- Laguna Salvadó, L., Villeneuve, E., Masson, D., Abi Akle, A., Bur, N. (2022). Decision Support System for technology selection based on multi-criteria ranking: Application to NZEB refurbishment. *Building and Environment*, 212, 108786. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108786>
- Kadziński, M., Rocchi, L., Miebs, G., Grohmann, D., Menconi, M. E., Paolotti, L. (2017). Multiple Criteria Assessment of Insulating Materials with a Group Decision Framework Incorporating Outranking Preference Model and Characteristic Class Profiles. *Group Decision and Negotiation*, 27 (1), 33–59. <https://doi.org/10.1007/s10726-017-9549-3>
- McFadden, D.; Zarembka, P. (Ed.) (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, 105–142. Available at: <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- Jürkenbeck, K., Schulze, M. (2024). Consumer preferences and willingness to pay for apples from agrivoltaics. *Journal of Cleaner Production*, 465, 142854. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142854>
- De Marchi, E., Scappaticci, G., Banterle, A., Alamprese, C. (2024). What is the role of environmental sustainability knowledge in food choices? A case study on egg consumers in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 141038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141038>
- Gracia, A., de Magistris, T. (2008). The demand for organic foods in the South of Italy: A discrete choice model. *Food Policy*, 33 (5), 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2007.12.002>
- Risius, A., Hamm, U., Janssen, M. (2019). Target groups for fish from aquaculture: Consumer segmentation based on sustainability attributes and country of origin. *Aquaculture*, 499, 341–347. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.044>
- Qian, L., Soopramanien, D. (2015). Incorporating heterogeneity to forecast the demand of new products in emerging markets: Green cars in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.008>
- Madudova, E., Dávid, A. (2019). Identifying the derived utility function of transport services: case study of rail and sea container transport. *Transportation Research Procedia*, 40, 1096–1102. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.153>
- Shoji, Y., Kim, H., Tsuge, T., Kuriyama, K. (2023). Impact of user fees for visitors to national parks in the presence of alternative sites. *Annals of Tourism Research Empirical Insights*, 4 (2), 100104. <https://doi.org/10.1016/j.annale.2023.100104>
- Gallego, G., Ratliff, R., Shebalov, S. (2015). A General Attraction Model and Sales-Based Linear Program for Network Revenue Management Under Customer Choice. *Operations Research*, 63 (1), 212–232. <https://doi.org/10.1287/opre.2014.1328>
- Vasilyev, A., Maier, S., Seifert, R. W. (2023). Assortment optimization using an attraction model in an omnichannel environment. *European Journal of Operational Research*, 306 (1), 207–226. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.08.002>
- Potrashkova, L. (2018). Some models of demand for benefits, offered by an enterprise. *Economics of Development*, 17 (3), 30–41. [https://doi.org/10.21511/ed.17\(3\).2018.03](https://doi.org/10.21511/ed.17(3).2018.03)

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308983

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE LEVEL OF DIGITAL COMPETENCIES OF HIGHER EDUCATION TEACHERS BASED ON THE CALCULATION OF THE MULTIDIMENSIONAL POLYTOPE VOLUME (p. 26–34)

Aidos Mukhatayev

«Higher Education Development National Center» of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Astana, Republic of Kazakhstan
Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8667-3200>

Serik Omirbayev

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7643-3513>

Oleksandr Kuchanskyi

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1277-8031>

Andrii Biloshchytskyi

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

Svitlana Biloshchytska

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0856-5474>

Safura Omarova

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5097-7555>

The object of the study is the method for assessing the level of digital competencies of higher education teachers. Teachers with a high level of digital competencies can create more interactive, interesting and more effective learning materials, which has a positive impact on education quality. The ability to ensure the continuity and quality of the educational process in remote conditions is relevant. To improve the qualification level of teachers, it is necessary to form a measuring system of indicators. A method for calculating the potential for changing the digital competency level was developed and trajectories of forming digital competencies of higher education teachers based on the project-vector methodology were formed. The method was implemented and verified as part of the state project in the Republic of Kazakhstan with the participation of the Higher Education Development National Center and Astana IT University. Testing of 62 teachers of Astana IT University, Karaganda Buketov University and Toraighyrov University was taken as a basis. The analysis involved measuring the achievement of their competency level in four categories: didactic, design, monitoring, and personal. The results obtained allow a systematic approach to the process of assessing and forming the competencies of higher education teachers. The result obtained is due to integrating the project-vector management methodology into the process of digital competency assessment. The value of the method is the possibility of using it both personally by teachers to track the level of competency achievement, and by the management of higher educational institutions for motivation and when signing contracts. In the future, the results of the pilot project are planned to be distributed to other higher education institutions in the Republic of Kazakhstan. And then extend its results to higher education institutions in Central Asia and Eastern Europe.

Keywords: digital competencies, higher education, competency assessment, multidimensional polytope, project-vector management.

References

- Carretero, S., Vuorikari, R., Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. <https://doi.org/10.2760/38842>
- International Society for Technology in Education. Available at: <https://iste.org/iste-standards>
- Unesco ICT Competency Framework for Teachers (2011). UNESCO.
- Redecker, C., Punie, Y. (2017). European framework for the digital competence of educators – DigCompEdu. European Commission. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Bronin, S., Pester, A. (2021). Towards a National Digital Competence Framework for Ukraine. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). <https://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9465946>
- Sergeyeva, T., Festeu, D., Bronin, S., Turlakova, N. (2021). Student – Training Environment Interaction: Soft Skills Development within E-learning. In Selected Papers of the VIII International Scientific Conference «Information Technology and Implementation» (IT&I-2021). Vol. 3132. Conference Proceedings in CEUR Workshop Proceedings, 290–298. Available at: https://ceur-ws.org/Vol-3132/Short_10.pdf
- Van Deursen, A., van Dijk, J. (2008). Measuring Digital Skills: Performance tests of operational, formal, information and strategic Internet skills among the Dutch population. ICA Conference. Available at: https://www.utwente.nl/en/bms/vandijk/news/measuring_digital_skills/MDS.pdf
- Sillat, L. H., Tammets, K., Laanpere, M. (2021). Digital Competence Assessment Methods in Higher Education: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 11 (8), 402. <https://doi.org/10.3390/educsci11080402>
- Katz, I., Macklin, A. (2006). Information and Communication Technology (ICT) Literacy: Integration and Assessment in Higher Education. *Systemics, Cybernetics and Informatics*. 5 (4), 50–55. Available at: <https://www.iiisci.org/journal/pdv/sci/pdfs/p890541.pdf>
- Guo, R. X., Dobson, T., Petrina, S. (2008). Digital Natives, Digital Immigrants: An Analysis of Age and Ict Competency in Teacher Education. *Journal of Educational Computing Research*, 38 (3), 235–254. <https://doi.org/10.2190/ec.38.3.a>
- Pérez-Escoda, A., Rodríguez-Conde, M. J. (2015). Digital literacy and digital competences in the educational evaluation. *Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. <https://doi.org/10.1145/2808580.2808633>
- Instefjord, E. J., Munthe, E. (2017). Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 67, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>
- Corona, A. G.-F., Martínez-Abad, F., Rodríguez-Conde, M.-J. (2017). Evaluation of Digital Competence in Teacher Training. *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145367>
- Napal Fraile, M., Peñalva-Vélez, A., Mendióroz Lacambra, A. M. (2018). Development of Digital Competence in Secondary Education Teachers' Training. *Education Sciences*, 8 (3), 104. <https://doi.org/10.3390/educsci8030104>
- Vázquez-Cano, E., Meneses, E. L., García-Garzón, E. (2017). Differences in basic digital competences between male and female university students of Social Sciences in Spain. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0065-y>
- Serafin, C., Depešová, J. (2019). Understanding Digital Competences of Teachers in Czech Republic. *European Journal of Science and Theology*, 15 (1), 125–132. Available at: http://www.ejst.tuiasi.ro/Files/74/12_Serafin%20et%20al.pdf
- Blayone, T. J. B., Mykhailenko, O., Kavtaradze, M., Kokhan, M., van Oostveen, R., Barber, W. (2018). Profiling the digital readiness of higher education students for transformative online learning in the post-soviet nations of Georgia and Ukraine. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0119-9>
- Dias-Trindade, S., Moreira, J. A., Gomes Ferreira, A. (2020). Assessment of university teachers on their digital competences. *Qwerty. Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education*, 15 (1). <https://doi.org/10.30557/qw000025>
- Levano-Francia, L., Sanchez Díaz, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., Collantes-Inga, Z. (2019). Digital Competences and Education. *Propósitos y Representaciones*, 7 (2), 569–588. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>
- Lukianov, D., Kolesnikova, K., Mussurmanov, A., Lisnevskiy, R., Lisnevskiy, V. (2023). Using Blockchain Technology in Scientometrics. In *Proceedings of the 8th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry*. Almaty. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3680/Short4.pdf>
- Bilbao Aiastui, E., Arruti Gómez, A., Carballedo Morillo, R. (2021). A systematic literature review about the level of digital competences defined by DigCompEdu in higher education. *Aula Abierta*, 50 (4), 841–850. <https://doi.org/10.17811/rifie.50.4.2021.841-850>
- Arenova, A., Zhunusbekova, A., Assilbayeva, R., (2023). Problems of digital teachers and development of digital competencies in higher education institution. *Bulletin Series of Pedagogical Sciences*, 80 (4), 137–147. <https://doi.org/10.51889/2959-5762.2023.80.4.013>
- Kropachev, P., Imanov, M., Borisevich, Y., Dhomane, I. (2020). Information technologies and the future of education in the republic of Kazakhstan. *Scientific Journal of Astana IT University*, 30–38. <https://doi.org/10.37943/aitu.2020.1.63639>

24. Gómez, M., Aranda, E., Santos, J. (2016). A competency model for higher education: an assessment based on placements. *Studies in Higher Education*, 42 (12), 2195–2215. <https://doi.org/10.1080/03075079.2016.1138937>
25. Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytskyi, A., Danchenko, E., Ilarionov, O., Vatskel, I., Honcharenko, T. (2018). The method for evaluation of educational environment subjects' performance based on the calculation of volumes of m-simplexes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (92)), 15–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126287>
26. Watkins, D. S. (2010). *Fundamentals of Matrix Computations*. John Wiley & Sons, 664.
27. Michelucci, D., Foufou, S. (2004). Using Cayley-Menger determinants for geometric constraint solving. Conference: SMA~'04: Proceedings of the 9th ACM symposium on Solid Modeling and Applications. Available at: https://www.researchgate.net/publication/210232160_Using_Cayley-Menger_Determinants_for_geometric_constraint_solving
28. Thureau, C., Kersting, K., Bauckhage, C. (2010). Yes we can. Proceedings of the 19th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. <https://doi.org/10.1145/1871437.1871729>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310142

BUILDING A FUZZY MODEL FOR DETERMINING THE LEVEL OF SOCIAL WELL-BEING OF THE POPULATION (p. 35–45)

Marianna Sharkadi

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1850-996X>

Adam Dorovtsi

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
 Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Beregszasz, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-4945>

This paper considers objects that affect the social security of the country. The complexity of such objects makes the development of computer systems in sociological research a difficult algorithmic task because of information uncertainty. Human thinking is based on inaccurate, approximate data, the analysis of which makes it possible to formulate clear decisions. In practice, there are usually no precise mathematical models that describe social objects. In such cases, it is advisable to use fuzzy mathematics as a tool for solving this problem. The main advantage of this approach compared to other artificial intelligence methods is the ability to interpret the results obtained. To assess the level of social well-being of the population, we used the mathematical apparatus of fuzzy set theory and fuzzy inference. The study is based on the OECD Better Life Index, which was developed by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) to help countries assess and improve the quality of life of their citizens. In the course of the study, a fuzzy inference system was built to measure the social well-being of the population based on the indicators of the OECD Better Life Index. Since determining the level of social well-being is a complex task, a hierarchical structure with two main groups of social well-being indicators was constructed to simplify it. The resultant system evaluates each social indicator included in the OECD's Better Life Index. Using the fuzzy inference model built, it was possible to assess the social well-being of the country's population in a simple and transparent way in comparison with the OECD member countries. The results of the study make it possible to understand which indicators of social well-being of the country's population are desirable or need to be improved in the future.

Keywords: fuzzy sets, social well-being, fuzzy modelling, FIS-tree, fuzzy inference system.

References

1. Gnatenko, I. A., Rubezhanska, V. O. (2016). Parameters and indicators of social safety of the population of Ukraine. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky*, 1, 242–249. Available at: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/2315/Parametr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Van Mil, A., Hopkins, H. (2015). Cross-cutting themes. A wellbeing public dialogue. Hopkins Van Mil: Creating connections Ltd. Available at: <https://whatworkswellbeing.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/05/cross-cutting-public-dialogue-final.pdf>
3. Shanahan, D. F., Bush, R., Gaston, K. J., Lin, B. B., Dean, J., Barber, E., Fuller, R. A. (2016). Health Benefits from Nature Experiences Depend on Dose. *Scientific Reports*, 6 (1). <https://doi.org/10.1038/srep28551>
4. Carrasco-Campos, Á., Moreno, A., Martínez, L. (2017). Quality of Life, Well-Being and Social Policies in European Countries1. *Quality of Life and Quality of Working Life*. <https://doi.org/10.5772/68003>
5. Facchinetti, S., Siletti, E. (2021). Well-being Indicators: a Review and Comparison in the Context of Italy. *Social Indicators Research*, 159 (2), 523–547. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02761-0>
6. Murray, E. T., Shelton, N., Norman, P., Head, J. (2022). Measuring the health of people in places: A scoping review of OECD member countries. *Health & Place*, 73, 102731. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102731>
7. Livingston, V., Jackson-Nevels, B., Reddy, V. V. (2022). Social, Cultural, and Economic Determinants of Well-Being. *Encyclopedia*, 2 (3), 1183–1199. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2030079>
8. Das, K. V., Jones-Harrell, C., Fan, Y., Ramaswami, A., Orlove, B., Botchwey, N. (2020). Understanding subjective well-being: perspectives from psychology and public health. *Public Health Reviews*, 41 (1). <https://doi.org/10.1186/s40985-020-00142-5>
9. Ruggieri, K., Garcia-Garzon, E., Maguire, Á., Matz, S., Huppert, F. A. (2020). Well-being is more than happiness and life satisfaction: a multidimensional analysis of 21 countries. *Health and Quality of Life Outcomes*, 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01423-y>
10. Kozlovskiy, S., Petrunenko, I., Baidala, V., Myronchuk, V., Kulnich, T. (2021). Assessment of public welfare in Ukraine in the context of the COVID-19 pandemic and economy digitalization. *Problems and Perspectives in Management*, 19 (1), 416–431. [https://doi.org/10.21511/ppm.19\(1\).2021.35](https://doi.org/10.21511/ppm.19(1).2021.35)
11. Pryimak, V., Holubnyk, O., Ucieklak-Jez, P., Kubicka, J., Urbanska, K., Babczuk, A. (2021). Fuzzy Technologies Modeling the Level of Welfare of the Population in the System of Effective Management. *European Research Studies Journal*, XXIV (3), 749–762. <https://doi.org/10.35808/ersj/2382>
12. Saltkjel, T., Ingelsrud, M. H., Dahl, E., Halvorsen, K. (2017). A fuzzy set approach to economic crisis, austerity and public health. Part I. European countries' conformity to ideal types during the economic downturn. *Scandinavian Journal of Public Health*, 45 (18_suppl), 41–47. <https://doi.org/10.1177/1403494817706632>
13. Sharkadi, M. M., Dorovtsi, A. F. (2024). Fuzzy models' use in sociological researches. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics*, 44 (1), 175–181. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44\(1\).175-181](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44(1).175-181)
14. Zadeh, L. A. (1999). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 100, 9–34. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(99\)80004-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(99)80004-9)
15. Sharkadi, M. M. (2022). Fuzzy Sets of the Second Kind. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics*, 41 (2), 163–170. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.41\(2\).163-170](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.41(2).163-170)

16. Maliar, M. M., Polishchuk, V. V. (2018). Nechitki modeli i metody ot-siniuvannya kredytopromozhnosti pidpriemstv ta investytsiynykh proektiv. Uzhhorod: RA «AUTDOR-ShARK», 174. Available at: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/57612>
17. Bahriy, V. (2012). Metodychni vkazivky do vykonannya praktychnykh robot z dystsypliny «Novi naukovy-tekhnichni napriamky elektronnykh system». Dniprodzerzhynsk. Available at: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/22/3-22-mzp22.pdf>
18. Abramova, A. O. (2022). Development of a Fuzzy Matlab inference algorithm for decision-making under uncertainty conditions for designed objects. Proceedings of XVI International Conference Measurement and Control in Complex System (MCCS-2022). <https://doi.org/10.31649/mccs2022.17>
19. Butko, T. V., Prokhorov, V. M., Prokhorchenko, H. O., Shumyk, D. V. (2022). Metodychni vkazivky do praktychnykh zaniat ta vykonannya individualnykh zavdan z dystsypliny «Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi v upravlinni zaliznychnymy pidrozdilamy». Kharkiv: UkrDUZT.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310522
DETERMINING EPIDEMIOLOGICAL PATTERNS IN DISEASE IDENTIFICATION USING MATHEMATICAL MODELS ON MACHINE LEARNING BASED MULTILAYER STRUCTURES (p. 46–53)

Riah Ukur Ginting

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1103-8640>

Muhammad Zarlis

BINUS University, Palmerah Jakarta, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0520-7273>

Poltak Sihombing

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5348-4537>

Syahril Efendi

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3944-5459>

The object of the study is epidemiological grouping using the SEIR mathematical model on a machine learning-based multilayer network. The problems in this research are related to managing epidemiological data on a large scale to determine disease patterns and identification such as the number of recovered cases, number of infected cases and number of deaths and demographic factors. In the process, traditional methods make it difficult to carry out processes such as determining patterns and identifying diseases. So, it is necessary to use machine learning and the SEIR (Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered) mathematical model which can be integrated with multilayer networks to increase accuracy and effectiveness in identifying diseases and determining patterns. The results obtained from this research are a model that can identify and determine patterns of disease spread in large-scale epidemiological data. In its application, the SEIR mathematical model combined into a social layer and an environmental layer in a multilayer network. This research is research with a level of novelty in the application of the SEIR mathematical model to multilayer networks and machine learning so that the model formed can be used to view the distribution of epidemiological data for disease-related information. Machine learning aims to process large-scale data in minimal time resulting in clustering and identification of diseases such as flu, Covid-19 and pneumonia. This research has an accuracy of 94 % using the MAPE evaluation technique. It is hoped that the resulting model can be

used in the world of health for disease mapping in certain areas as a reference for mitigating the spread of disease.

Keywords: SEIR mathematical models, clustering, epidemiology, multilayer networks, machine learning.

References

1. Wu, F., Wu, T., Yu, M. R. (2019). Design and Implementation of a Wearable Sensor Network System for IoT-Connected Safety and Health Applications. 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). <https://doi.org/10.1109/wf-iot.2019.8767280>
2. Liu, J., Zhao, Z., Ji, J., Hu, M. (2020). Research and application of wireless sensor network technology in power transmission and distribution system. Intelligent and Converged Networks, 1 (2), 199–220. <https://doi.org/10.23919/icn.2020.0016>
3. Swamy, S. N., Jadhav, D., Kulkarni, N. (2017). Security threats in the application layer in IOT applications. 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). <https://doi.org/10.1109/i-smac.2017.8058395>
4. Shivalingagowda, C., Ahmad, H., Jayasree, P. V. Y., Sah, D. K. (2021). Wireless Sensor Network Routing Protocols Using Machine Learning. Architectural Wireless Networks Solutions and Security Issues, 99–120. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0386-0_7
5. Khutsoane, O., Isong, B., Gasela, N., Abu-Mahfouz, A. M. (2020). WaterGrid-Sense: A LoRa-Based Sensor Node for Industrial IoT Applications. IEEE Sensors Journal, 20 (5), 2722–2729. <https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2951345>
6. Wang, A., Dara, R., Yousefinaghani, S., Maier, E., Sharif, S. (2023). A Review of Social Media Data Utilization for the Prediction of Disease Outbreaks and Understanding Public Perception. Big Data and Cognitive Computing, 7 (2), 72. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020072>
7. Hajiakhond Bidoki, N., Mantzaris, A. V., Sukthankar, G. (2019). An LSTM Model for Predicting Cross-Platform Bursts of Social Media Activity. Information, 10 (12), 394. <https://doi.org/10.3390/info10120394>
8. Ertam, F., Kilincer, I. F., Yaman, O., Sengur, A. (2020). A New IoT Application for Dynamic WiFi based Wireless Sensor Network. 2020 International Conference on Electrical Engineering (ICEE). <https://doi.org/10.1109/icee49691.2020.9249771>
9. Yahya, O. H., Alrikabi, H., Aljazaery, I. A. (2020). Reducing the Data Rate in Internet of Things Applications by Using Wireless Sensor Network. International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE), 16 (03), 107–<https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i03.13021>
10. Mejjaoui, S., Babiceanu, R. F. (2015). RFID-wireless sensor networks integration: Decision models and optimization of logistics systems operations. Journal of Manufacturing Systems, 35, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.02.005>
11. You, G., Zhu, Y. (2020). Structure and Key Technologies of Wireless Sensor Network. 2020 Cross Strait Radio Science & Wireless Technology Conference (CSRSWTC). <https://doi.org/10.1109/csrswtc50769.2020.9372727>
12. Taherdoost, H. (2023). Enhancing Social Media Platforms with Machine Learning Algorithms and Neural Networks. Algorithms, 16 (6), 271. <https://doi.org/10.3390/a16060271>
13. Gutierrez-Osorio, C., González, F. A., Pedraza, C. A. (2022). Deep Learning Ensemble Model for the Prediction of Traffic Accidents Using Social Media Data. Computers, 11 (9), 126. <https://doi.org/10.3390/computers11090126>
14. Huang, J.-Y., Lee, W.-P., Lee, K.-D. (2022). Predicting Adverse Drug Reactions from Social Media Posts: Data Balance, Feature Selection and Deep Learning. Healthcare, 10 (4), 618. <https://doi.org/10.3390/healthcare10040618>
15. Regulski, K., Opaliński, A., Swadźba, J., Sitkowski, P., Wąsowicz, P., Kwietniewska-Śmietana, A. (2024). Machine Learning Prediction Techniques in the Optimization of Diagnostic Laboratories' Network

- Operations. Applied Sciences, 14 (6), 2429. <https://doi.org/10.3390/app14062429>
16. Ghostine, R., Gharamti, M., Hassrouny, S., Hoteit, I. (2021). An Extended SEIR Model with Vaccination for Forecasting the COVID-19 Pandemic in Saudi Arabia Using an Ensemble Kalman Filter. Mathematics, 9 (6), 636. <https://doi.org/10.3390/math9060636>
 17. Aljohani, A. (2023). Predictive Analytics and Machine Learning for Real-Time Supply Chain Risk Mitigation and Agility. Sustainability, 15 (20), 15088. <https://doi.org/10.3390/su152015088>
 18. Sánchez Lasheras, F. (2021). Predicting the Future-Big Data and Machine Learning. Energies, 14 (23), 8041. <https://doi.org/10.3390/en14238041>
 19. He, Z., Yu, J., Gu, T., Yang, D. (2024). Query execution time estimation in graph databases based on graph neural networks. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 36 (4), 102018. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.102018>
 20. Zhu, L., Zhang, H., Bai, L. (2024). Hierarchical pattern-based complex query of temporal knowledge graph. Knowledge-Based Systems, 284, 111301. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2023.111301>
 21. Saleem, F., AL-Ghamdi, A. S. A.-M., Allassafi, M. O., AlGhamdi, S. A. (2022). Machine Learning, Deep Learning, and Mathematical Models to Analyze Forecasting and Epidemiology of COVID-19: A Systematic Literature Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19 (9), 5099. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095099>
 22. Gopal, K., Lee, L. S., Seow, H.-V. (2021). Parameter Estimation of Compartmental Epidemiological Model Using Harmony Search Algorithm and Its Variants. Applied Sciences, 11 (3), 1138. <https://doi.org/10.3390/app11031138>
 23. Xu, Z., Qian, M. (2023). Predicting Popularity of Viral Content in Social Media through a Temporal-Spatial Cascade Convolutional Learning Framework. Mathematics, 11 (14), 3059. <https://doi.org/10.3390/math11143059>
 24. Abu-Salih, B., Al-Tawil, M., Aljarah, I., Faris, H., Wongthongtham, P., Chan, K. Y., Beheshti, A. (2021). Relational Learning Analysis of Social Politics using Knowledge Graph Embedding. Data Mining and Knowledge Discovery, 35 (4), 1497–1536. <https://doi.org/10.1007/s10618-021-00760-w>
 25. Malozyomov, B. V., Martyushev, N. V., Sorokova, S. N., Efremenkov, E. A., Valuev, D. V., Qi, M. (2024). Analysis of a Predictive Mathematical Model of Weather Changes Based on Neural Networks. Mathematics, 12 (3), 480. <https://doi.org/10.3390/math12030480>
 26. Shafqat, W., Byun, Y.-C. (2019). Topic Predictions and Optimized Recommendation Mechanism Based on Integrated Topic Modeling and Deep Neural Networks in Crowdfunding Platforms. Applied Sciences, 9 (24), 5496. <https://doi.org/10.3390/app9245496>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310326

SYNTHESIS OF EXPERT MATRICES IN INDUCTIVE SYSTEM-ANALYTICAL RESEARCH BASED ON FUZZY LOGIC ALGORITHM (p. 54–62)

Volodymyr Osypenko

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1077-1461>

Hanna Korohod

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1670-3125>

Borys Zlotenko

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0870-8535>

Nataliia Chuprynka

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8952-7567>

Volodymyr Yakhno

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6129-4178>

The object of research is the process of inductive modeling of complex systems. The studies that were conducted related to the application of algorithms of the fuzzy logic theory were to coordinate the conclusions of top-level experts in system information-analytical research (SIAR) in the tasks of innovative design. The possibilities of constructing elements of expert matrices of results, as well as evaluating the effectiveness of such applications, are defined. Thanks to this, obtaining formal expert evaluations in numerical form became possible. Experimental studies have confirmed that the proposed approach to the application of fuzzy logic algorithms to the construction of matrices of expert evaluations of SIAR results is quite effective and simple to implement. In addition, this approach fits well into the general paradigm of the Group Method of Data Handling (GMDH). In particular, it was established that the possibility of «retraining» such a block without significant efforts of professional experts can have a positive result, as well as have a good effect on the economic and time parameters of the research project. The main calculation formulas for the algorithm for building a fuzzy system using a neural network in a system with two rules are given. The construction of a fuzzy information output system trained on expert evaluations in the Matlab system is shown. As a result, a technologically acceptable standard deviation of 0.28268 mg/l was obtained. It has been established that by accumulating a database (knowledge) and/or using an information monitoring system, it is possible to «additionally train» a fuzzy system periodically or according to the established quality criterion in the program mode, without involving experts in this process. Thus, there are reasons to assert the importance of using a fuzzy system as one of the tools in inductive SIAR procedures.

Keywords: inductive approach, fuzzy logic, criterion of relevance, criterion of corelevance, expert evaluations.

References

1. Ivakhnenko, A. G. (1970). Heuristic self-organization in problems of engineering cybernetics. Automatica, 6 (2), 207–219. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(70\)90092-0](https://doi.org/10.1016/0005-1098(70)90092-0)
2. Madala, H. R., Ivakhnenko, A. G. (2019). Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351073493>
3. Osypenko, V. (2013). Info-logical structure of inductive technologies of the searching system-information-analytical researches. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Ser. «Komp. nauky ta informatsiyni tekhnolohiyi», 751, 315–319.
4. Osypenko, V. (2012). The Results Estimation in the Integrated System-Analytical Investigations Technologies. Control systems and computers, 1, 26–31. Available at: <http://usim.org.ua/arch/2012/1/6.pdf>
5. Seno, P. S. (2007). Teoriya ymovirnostei ta matematychna statystyka. Kyiv: Znannia, 556.
6. Wackerly, D., Mendenhall, W., Scheaffer, R. (2007). Mathematical Statistics with Applications. Brooks/Cole.
7. Dalkey, N., Helmer, O. (1963). An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts. Management Science, 9 (3), 458–467. <https://doi.org/10.1287/mnsc.9.3.458>
8. Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. Revista de La Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas, 102 (2), 251–318. <https://doi.org/10.1007/bf03191825>

9. Andrieu, P., Cohen-Boulakia, S., Couceiro, M., Denise, A., Pierrot, A. (2023). A unifying rank aggregation framework to suitably and efficiently aggregate any kind of rankings. *International Journal of Approximate Reasoning*, 162, 109035. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2023.109035>
10. Osypenko, V. (2011). Syntez ekspertnoi matrytsi za metrykoiu Kemeni v induktyvnykh tekhnolohiyakh informatsiyno-analitychnykh doslidzhen. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy: Seriya «Enerhetyka i avtomatyzatsiya v APK»*, 166 (3), 119–127.
11. Bury, H., Wagner, D. (2003). Application of Kemeny's Median for Group Decision Support. *Applied Decision Support with Soft Computing*, 235–262. https://doi.org/10.1007/978-3-540-37008-6_10
12. Davenport, A., Kalagnanam, J. (2004). A Computational Study of the Kemeny Rule for Preference Aggregation. *AAAI'04*, 697–702. Available at: <https://cdn.aaai.org/AAAI/2004/AAAI04-110.pdf>
13. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x)
14. Zadeh, L. A. (1994). Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. *Communications of the ACM*, 37 (3), 77–84. <https://doi.org/10.1145/175247.175255>
15. Bede, B. (2013). *Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. In *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35221-8>
16. Pal, N. R., Saha, S. (2008). Simultaneous Structure Identification and Fuzzy Rule Generation for Takagi-Sugeno Models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 38 (6), 1626–1638. <https://doi.org/10.1109/tsmcb.2008.2006367>
17. Yadav, O. P., Singh, N., Chinnam, R. B., Goel, P. S. (2003). A fuzzy logic based approach to reliability improvement estimation during product development. *Reliability Engineering & System Safety*, 80 (1), 63–74. [https://doi.org/10.1016/s0951-8320\(02\)00268-5](https://doi.org/10.1016/s0951-8320(02)00268-5)
18. Mehmanpazir, F., Asadi, S. (2016). Development of an evolutionary fuzzy expert system for estimating future behavior of stock price. *Journal of Industrial Engineering International*, 13 (1), 29–46. <https://doi.org/10.1007/s40092-016-0165-7>
19. Sonbol, A. H., Fadali, M. S., Jafarzadeh, S. (2012). TSK Fuzzy Function Approximators: Design and Accuracy Analysis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 42 (3), 702–712. <https://doi.org/10.1109/tsmcb.2011.2174151>
20. Alcalá-Fdez, J., Alcalá, R., Herrera, F. (2011). A Fuzzy Association Rule-Based Classification Model for High-Dimensional Problems With Genetic Rule Selection and Lateral Tuning. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19 (5), 857–872. <https://doi.org/10.1109/tfuzz.2011.2147794>
21. Adriaenssens, V., Baets, B. D., Goethals, P. L. M., Pauw, N. D. (2004). Fuzzy rule-based models for decision support in ecosystem management. *Science of The Total Environment*, 319 (1-3), 1–12. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(03\)00433-9](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(03)00433-9)
22. Osypenko, V. V. (2014). Dva pidkhody do rozv'iazannia zadachi klasteryzatsiyi u shirokomu sensi z pozysiy induktyvnoho modeliu-vannia. *Energy and Automation*, 1, 83–97. Available at: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/3433>
23. Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119994374>
24. Passino, K. M., Yurkovich, S. (1997). *Fuzzy Control*. Addison-Wesley.
25. Shi, Y., Mizumoto, M. (2000). A new approach of neuro-fuzzy learning algorithm for tuning fuzzy rules. *Fuzzy Sets and Systems*, 112 (1), 99–116. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00238-3](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00238-3)
26. Osypenko, V. V., Shtepa, V. N. (2010). Alhorytmy syntezu ekspertnoi matrytsi informatsiyno-analitychnykh doslidzhen na osnovi fazilohiky. *Systemni tekhnolohiyi*, 6 (71), 154–165. Available at: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/issue/view/76/51>
27. Shtepa, V. N., Donchenko, M. I., Sribnaya, O. G. (2007). Ochistka rastvorov ot dispersnykh primesey metodom elektrokoagulyatsii. 1.

Elektrohimicheskoe poluchenie koagulyanta. *Vistnyk NTU «KhPI». Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ekolohiya*, 9, 86–94.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310569

METHOD FOR SOLVING DISTRIBUTIONAL PROBLEMS OF MATHEMATICAL PROGRAMMING UNDER CONDITIONS OF FUZZY INITIAL DATA (p. 63–68)

Lev Raskin

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-4016>

Oksana Sira

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4869-2371>

Artur Hatunov

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4444-3817>

Roman Riabokon

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7960-4090>

Rodyslav Sinitsyn

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6674-9430>

The object of this study is a large class of mathematical programming problems under conditions of uncertainty of initial data. The formulated object generates a subclass of problems of rational distribution of a limited resource under conditions of initial data described in terms of fuzzy mathematics. The conventional, standardly used method for solving such problems is based on optimization on average. To obtain such a solution, it is sufficient to replace all fuzzy initial data with their modal values in the analytical description of the mathematical model of the corresponding problem. To solve the resulting deterministic problem, one can use known methods of mathematical programming. However, the results of such a solution can be used in practice if the carriers of fuzzy parameters are specified compactly, that is, the intervals of possible values of fuzzy parameters of the problem are small. Otherwise, the implementation of this solution may lead to unpredictably large losses. Other alternative approaches are based on the use of insufficiently informative estimates of the best or worst possible values of fuzzy parameters of the problem. These circumstances make the statement of the problem and the objective of the study relevant: devising a method for solving the problem of rational distribution of a limited resource under conditions of fuzzy initial data. To solve the stated problem of rational distribution of a limited resource, a productive idea of constructing the proposed general optimization method under conditions of uncertainty of the initial data has been constructively implemented. In this case, the initial problem is reduced to a clear problem of optimizing a complex criterion constructed on the basis of the objective function of the initial problem and a set of membership functions of its fuzzy parameters. An example of solving the problem has been considered, leading to a solution that is better than that obtained on the basis of the modal values of the fuzzy parameters of the problem.

Keywords: distribution problem of mathematical programming, fuzzy initial data, method for solving the problem.

References

1. Gill, P. E., Murray, W., Wright, M. H. (1981). Practical optimization. Academic Press Inc.
2. Taha, H. A. (2007). Operations Research: An Introduction. Pearson. Available at: <https://dl.icdst.org/pdfs/files3/7e932ab65f9aa3de7122b4cea3587377.pdf>
3. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x)
4. Liao, T. W., Egbelu, P. J., Sarker, B. R., Leu, S. S. (2011). Metaheuristics for project and construction management – A state-of-the-art review. *Automation in Construction*, 20 (5), 491–505. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.12.006>
5. Mandi, J., Demirovi, E., Stuckey, P. J., Guns, T. (2020). Smart Predict-and-Optimize for Hard Combinatorial Optimization Problems. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34 (02), 1603–1610. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i02.5521>
6. Ince, N. (2021). Generalized Fuzzy Entropy Optimization Methods for Fuzzy Data Analysis. *Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation*, 453–460. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85626-7_53
7. Li, F.-C., Jin, C.-X. (2008). Study on fuzzy optimization methods based on principal operation and inequity degree. *Computers & Mathematics with Applications*, 56 (6), 1545–1555. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2008.02.042>
8. Mai, D. S., Dang, T. H., Ngo, L. T. (2020). Optimization of interval type-2 fuzzy system using the PSO technique for predictive problems. *Journal of Information and Telecommunication*, 5 (2), 197–213. <https://doi.org/10.1080/24751839.2020.1833141>
9. Ekel, P. Ya. (1999). Approach to decision making in fuzzy environment. *Computers & Mathematics with Applications*, 37 (4-5), 59–71. [https://doi.org/10.1016/s0898-1221\(99\)00059-0](https://doi.org/10.1016/s0898-1221(99)00059-0)
10. Liu, G., Yu, J. (2007). Gray correlation analysis and prediction models of living refuse generation in Shanghai city. *Waste Management*, 27 (3), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.03.010>
11. Halilović, D., Gligorić, M., Gligorić, Z., Pamučar, D. (2023). An Underground Mine Ore Pass System Optimization via Fuzzy 0–1 Linear Programming with Novel Torricelli-Simpson Ranking Function. *Mathematics*, 11 (13), 2914. <https://doi.org/10.3390/math11132914>
12. Kicsiny, R., Hufnagel, L., Varga, Z. (2022). Allocation of limited resources under quadratic constraints. *Annals of Operations Research*, 322 (2), 793–817. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05114-3>
13. Bertalanfi, L. fon. (1973). Istoriya i status obschey teorii sistem. V kn.: Sistemnye issledovaniya. Metodologicheskie problemy. *Ezhgodnik*. Moscow: «Nauka», 20–37.
14. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>

АНОТАЦІЇ

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309030

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ З ОЦІНКИ СТАНУ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЕВРИСТИЧНОГО ПІДХОДУ (с. 6–14)

І. А. Дмитрієв, Н. Г. Кучук, О. Л. Становський, О. В. Єфименко, Г. А. Плехова, Ю. В. Вакулєнко, Л. М. Дегтярьова, Н. М. Протас, Н. В. Апенько, М. Б. Сайног

Оптимізація є складним процесом визначення множини рішень для широкого кола завдань, в тому числі і для прийняття управлінських рішень.

Одним з підходів до підвищення ефективності вирішення оптимізаційних завдань є метаевристичні алгоритми. Проблема, яка вирішується в дослідженні, є підвищення оперативності прийняття рішення в завданнях оцінки стану ієрархічних систем при забезпеченні заданої достовірності незалежно від її ієрархічності. Об'єктом дослідження є ієрархічні системи. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в завданнях управління за допомогою удосконаленого алгоритму тасманських дияволів (АТД) та штучних нейронних мереж, що еволюціонують. Запропоновано методичний підхід з використанням метаевристичного алгоритму. Для навчання АТД використовуються штучні нейронні мережі, що еволюціонують.

Оригінальність запропонованого методу полягає у розставленні АТД з урахуванням невизначеності вихідних даних, удосконаленими процедурами глобального та локального пошуку. Також оригінальність дослідження полягає у визначенні місць харчування АТД, що дозволяє обрати пріоритетність пошуку в заданому напрямку. Наступним елементом оригінальності дослідження є можливість вибору стратегії полювання АТД, що дозволяє раціонально використовувати наявні обчислювальні ресурси системи. Наступним елементом оригінальності дослідження є визначення початкової швидкості кожного АТД. Це дозволяє оптимізувати швидкість проведення досліджень кожним АТД у визначеному напрямку досліджень. Використання методичного підходу дозволяє досягти підвищення оперативності обробки даних на рівні 14–17 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур. Запропонований методичний підхід доцільно використовувати для вирішення задач оцінки ієрархічних систем.

Ключові слова: ієрархічні системи, штучні нейронні мережі, ройові алгоритми, оптимізація, мультімодальні функції.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310548

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОДАЖІВ ТОВАРІВ З УРАХУВАННЯМ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ СПОЖИВАЧІВ (с. 15–25)

Л. В. Потрашкова

Об'єктом дослідження є процес аналізу обсягів продажу продукції на роздрібному ринку, на якому діють виробники та споживачі із різним рівнем соціальної відповідальності. Розробки спрямовані на вирішення проблеми недостатнього врахування соціальної відповідальності економічних суб'єктів у сучасних економіко-математичних моделях. У роботі здійснено удосконалення моделі лінійного програмування, призначеної для оцінювання продажів альтернативних варіантів товару із різною соціальною корисністю споживачам із різною соціальною відповідальністю, шляхом врахування деяких реальних умов здійснення покупок. В результаті дослідження було запропоновано таку модифікацію моделі, яка дозволяє врахувати поведінку покупців, що обирають товар випадковим чином. Також за допомогою додаткових обмежень у моделі враховано те, що споживачі з різною соціальною відповідальністю здійснюють покупки паралельно у часі. Крім того описано підхід до виявлення множини споживачьких груп в аспекті соціальної відповідальності за допомогою методу анкетування типу ранжування та побудови дерева рішень споживачів.

Запропоновану модифікацію моделі випробувано на прикладі оцінювання обсягів продажу екологічного та неекологічного різновидів товару на ринку офісного паперу. Показано, що неврахування у моделі доданих обмежень може суттєво позначитися на оцінках обсягів продажу.

Запропоновані удосконалення моделі дозволяють отримувати більш реалістичні оцінки обсягів продажу товарів з урахуванням соціальної відповідальності споживачів, а також кількісних і якісних характеристик пропозиції конкурентів. Це сприяє більш якісній підтримці прийняття рішень щодо виробництва соціально корисної, зокрема екологічної, продукції.

Ключові слова: екологічне споживання, екологічна продукція, структура продажів на ринку, лінійне програмування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308983

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ВИКЛАДАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКУ ОБ'ЄМУ БАГАТОВИМІРНОГО ПОЛІТОПУ (с. 26–34)

Aidos Mukhatayev, Serik Omirbayev, O. Ю. Кучанський, А. О. Білощицький, С. В. Білощицька, Safura Omarova

Об'єктом дослідження є метод оцінювання рівня цифрових компетентностей викладачів вищої освіти. Викладачі з високим рівнем цифрових компетенцій можуть створювати інтерактивніші, цікавіші і більш ефективні навчальні матеріали, що позитивно впливає на якість освіти. Актуальними є спроможності забезпечувати безперервність і якість освітнього процесу в дистанційних умовах. Для підвищення рівня кваліфікації викладачів необхідно сформулювати вимірну систему показників. Розроблено метод розрахунку потенціалу зміни рівня цифрових компетентностей та сформовано траєкторії формування цифрових компетентностей викладачів вищої освіти на основі проектно-векторної методології. Метод було виконано та верифіковано в рамках державного проекту в Республіці Казахстан за участі Higher Education Development National Center та Astana IT University. За основу було взято тестування 62 викладачів Astana IT University, Karaganda Buketov University та Toraighyrov Universitet. Аналіз передбачав вимірювання досягнення їх рівня компетентності по чотирьом категоріям: дидактична, проектувальна, моніторингова, особистісна. Отримані результати

дозволяють системно підійти до процесу оцінювання та формування компетентностей викладачів вищої освіти. Отриманий результат обумовлений інтеграцією до процесу оцінювання рівня цифрових компетентностей методології проєктно-векторного управління. Цінністю методу є можливість його використання як особисто викладачами для відстеження рівня досягнення компетентностей, так і керівництвом закладів вищої освіти для мотивування та при підписанні контрактів. Надалі результати пілотного проєкту планується поширити у інших закладах вищої освіти в Республіці Казахстан. А згодом поширити його результати на заклади вищої освіти Центральної Азії та Східної Європи.

Ключові слова: цифрові компетентності, вища освіта, оцінювання компетентності, багатовимірний політоп, проєктно-векторне управління.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310142

РОЗРОБКА НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СОЦІАЛЬНОГО ДОБРОБУТУ НАСЕЛЕННЯ (с. 35–45)

М. М. Шаркаді, А. Ф. Доровці

Досліджуються об'єкти, які впливають на соціальну безпеку країни. Складність таких об'єктів робить розробку комп'ютерних систем в соціологічних дослідженнях непростим алгоритмічним рішенням із-за невизначеності інформації. Людське мислення базується на неточних, наближених даних, аналіз яких дозволяє формувати чіткі рішення. На практиці, як правило, не існує точних математичних моделей, які описують соціальні об'єкти. В таких випадках доцільно використовувати апарат нечіткої математики, як інструмент вирішення даної проблеми. Основною перевагою даного підходу в порівнянні з іншими методами штучного інтелекту являється можливість інтерпретації отриманих результатів. Для оцінки рівня соціального добробуту населення використовувалося математичний апарат теорії нечітких множин та нечіткого логічного виводу. Дослідження базується на індексі кращого життя ОЕСР, який був розроблений Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) для того, щоб допомогти країнам оцінювати та покращувати якість життя своїх громадян. В ході дослідження створено систему нечіткого логічного виводу для вимірювання соціального добробуту населення на основі показників індексу кращого життя ОЕСР. Оскільки визначення рівня соціального добробуту є комплексною задачею, для її спрощення було створено ієрархічну структуру з двома основними групами індикаторів соціального добробуту. Побудована система дає оцінку кожному з соціальних індикаторів, що входять до індексу кращого життя ОЕСР. За допомогою побудованої моделі нечіткого логічного виводу вдалося у простий та прозорий спосіб дати оцінку соціального добробуту населення країни в порівнянні з країнами-членами ОЕСР. Результати дослідження дають змогу зрозуміти, які індикатори соціального добробуту населення країни бажано або треба покращити в майбутньому.

Ключові слова: нечіткі множини, соціальний добробут, нечітке моделювання, FIS-дерево, система нечіткого виводу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310522

ВИЗНАЧЕННЯ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНИХ ЗАКЛЮЧЕНЬ В ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ БАГАТОРІВНИХ СТРУКТУР (с. 46–53)

Riah Ukur Ginting, Muhammad Zarlis, Poltak Sihombing, Syahril Efendi

Об'єктом дослідження є епідеміологічне групування з використанням математичної моделі SEIR на основі багатосарової мережі на основі машинного навчання. Проблема, що вирішувалася, пов'язана з керуванням епідеміологічними даними у великому масштабі для визначення моделей захворювань та ідентифікації, таких як кількість випадків одужання, кількість випадків інфікування та кількість смертей та демографічних факторів. При цьому традиційні методи ускладнюють виконання таких процесів, як визначення закономірностей та ідентифікація захворювань. Тому необхідно використовувати машинне навчання та математичну модель SEIR (Susceptible-Exposed-Infectious-Covered), яку можна інтегрувати з багатосаровими мережами, щоб підвищити точність і ефективність ідентифікації захворювань і визначення закономірностей. Результати, отримані в результаті цього дослідження, є моделлю, яка може ідентифікувати та визначити закономірності поширення хвороби у великомасштабних епідеміологічних даних. У своєму застосуванні математична модель SEIR буде об'єднана в соціальний рівень і екологічний рівень у багаторівневій мережі. Це дослідження має певний рівень новизни в застосуванні математичної моделі SEIR до багаторівневих мереж і машинного навчання, щоб сформувати модель можна було використовувати для перегляду розподілу епідеміологічних даних для інформації, пов'язаної із захворюваннями. Машинне навчання спрямоване на обробку великомасштабних даних за мінімальний час, що призводить до класифікації та ідентифікації таких захворювань, як грип, Covid-19 і пневмонія. Це дослідження має точність 94 % за допомогою техніки оцінки MAPE. Є надія, що отриману модель можна буде використовувати у світі охорони здоров'я для картографування захворювань у певних регіонах як еталону для пом'якшення поширення хвороби.

Ключові слова: математичні моделі SEIR, кластеризація, епідеміологія, багатосарові мережі, машинне навчання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310326

СИНТЕЗ ЕКСПЕРТНИХ МАТРИЦЬ В ІНДУКТИВНИХ СИСТЕМО-АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ (с. 54–62)

В. В. Осипенко, Г. О. Корогод, Б. М. Злотенко, Н. В. Чупринка, В. М. Яхно

Об'єктом дослідження є процес індуктивного моделювання складних систем. Проведені дослідження стосувалися застосування алгоритмів теорії фазілогіки для узгодження висновків експертів верхнього рівня в системних інформаційно-аналітичних дослідженнях (SIAR) в задачах інноваційного проектування. Визначені можливості конструювання елементів експертних матриць результатів, а також оцінки ефективності такого застосування. Завдяки цьому стало можливим отримання формальних експертних оцінок у числовому виді. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що запропонований підхід до застосування алгоритмів фазілогіки до побудови матриць експертних оцінок результатів SIAR є досить ефективним і простим у реалізації. Крім того, цей підхід добре вписується в загальну парадигму методу групового урахування аргументів (GMDH). Зокрема встановлено, що

можливість «перенавчати» такий блок без значних зусиль професійних експертів може мати позитивний результат, а також добре впливати на економічні і часові параметри дослідницького проекту. Наведено основні розрахункові формули для алгоритму побудови нечіткої системи за допомогою нейронної мережі в системі з двома правилами. Показано побудову системи виведення нечіткої інформації, навченої на експертних оцінках в системі Matlab. В результаті отримано технологічно допустиме стандартне відхилення на рівні 0,28268 мг/л. Встановлено, що, накопичуючи базу даних (знань) та/або використовуючи систему інформаційного моніторингу, можна періодично або за встановленим критерієм якості у програмному режимі «додатково навчати» нечітку систему, не залучаючи до цього процесу експертів. Таким чином, є підстави стверджувати важливість використання нечіткої системи як одного з інструментів в індуктивних процедурах SIAR.

Ключові слова: індуктивний підхід, нечітка логіка, критерій релевантності, критерій корелевантності, експертні оцінки.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310569

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ В УМОВАХ НЕЧІТКИХ ВИХІДНИХ ДАНИХ (с. 63–68)

Л. Г. Раскін, О. В. Сіра, А. П. Гатунов, Р. М. Рябоконь, Р. С. Сініцин

Об'єкт дослідження – обширний клас задач математичного програмування за умов невизначеності вихідних даних. Сформульований об'єкт породжує підклас завдань раціонального розподілу обмеженого ресурсу умовах вихідних даних, описаних у термінах нечіткої математики. Традиційний, стандартно використовуваний метод вирішення таких завдань ґрунтується на оптимізації в середньому. Для отримання такого рішення достатньо в аналітичному описі математичної моделі відповідної задачі усі нечіткі вихідні дані замінити їх на модальні значення. Для вирішення детермінованої задачі, що виходить при цьому, можна використовувати відомі методи математичного програмування. Однак, результати такого рішення можна застосовувати на практиці, якщо носії нечітких параметрів задані компактно, тобто інтервали можливих значень, нечітких параметрів задачі невеликі. В іншому випадку, реалізація цього рішення може призвести до непередбачувано великих втрат. Інші альтернативні підходи ґрунтуються на використанні недостатньо інформативних оцінок найкращих чи найгірших із можливих значень нечітких параметрів задачі. Ці обставини роблять актуальними розробку методу вирішення задачі раціонального розподілу обмеженого ресурсу в умовах нечітко заданих вихідних даних. Для вирішення сформульованої задачі раціонального розподілу обмеженого ресурсу конструктивно реалізується продуктивна ідея побудови запропонованого загального методу оптимізації в умовах невизначеності вихідних даних. При цьому вихідна задача зведена до чіткої задачі оптимізації комплексного критерію, побудованого на основі цільової функції вихідної задачі та набору функцій належності нечітких параметрів. Розглянуто приклад розв'язання задачі, що призводить до вирішення, кращого, ніж отримане на основі модальних значень нечітких параметрів задачі.

Ключові слова: розподільна задача математичного програмування, нечіткі вихідні дані, метод розв'язання задачі.