

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273293
IMPLEMENTING THE METHOD OF FIGURATIVE TRANSFORMATIONS TO MINIMIZE PARTIALLY DEFINED BOOLEAN FUNCTIONS (p. 6–25)

Mykhailo Solomko

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0168-5657>

Mykola Antoniuk

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6888-6392>

Ihor Voitovych

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2813-5225>

Yuliia Ulianovska

University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5945-5251>

Nataliia Pavlova

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7817-6781>

Viacheslav Biletskyi

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2734-7306>

This paper reports a research that established the possibility of increasing the effectiveness of the method of figurative transformations to minimize partially defined Boolean functions. The method makes it possible, without loss of functionality, to reduce the complexity of the minimization procedure, compared to sorting out binary definitions of partially defined Boolean functions. The interpretation of the result is that the $2-(n, b)$ -design, $2-(n, x/b)$ -design systems are a reflection of logical operations. Therefore, the identification of such combinatorial systems in the truth table of logical functions directly and unambiguously establishes the location of logical operations for equivalent transformations of Boolean expressions. This, in turn, implicates an algorithm for simplifying Boolean functions, including partially defined Boolean functions. Thus, the method of figurative transformations simplifies and speeds up the procedure for minimizing partially defined Boolean functions, compared to analogs. This indicates that the visual-matrix form of the analytical method still has the prospect of increasing its hardware capabilities, including in terms of minimizing partially defined Boolean functions.

It has been experimentally confirmed that the method of figurative transformations increases the efficiency of minimizing partially defined Boolean functions, compared with analogs, by 100–200 %.

There is reason to argue about the possibility of increasing the efficiency of minimizing partially defined Boolean functions in the main and polynomial bases by the specified method. The effectiveness of the method, in particular, is ensured by carrying out all operations of generalized gluing of variables for dead-end disjunctive normal forms (DNF), followed by the use of implicant tables; optimal combination of a sequence of logical operations for gluing variables.

Keywords: minimization of partially defined Boolean functions by the method of figurative transformations, location of equivalent transformations.

References

1. Savel'ev, A. Ya. (1987). *Prikladnaya teoriya cifrovyyh avtomatov*. Moscow: Vysshaya shkola, 272. Available at: <https://vdoc.pub/documents/-4o35jbu52gg0>
2. Prihozhiy, A. A. (2013). *Chastichno opredelyonnye logicheskie sistemy i algoritmy*. Minsk: BNTU, 343. Available at: <https://rep.bntu.by/handle/data/37237>
3. Papakonstantinou, K. G., Papakonstantinou, G. (2018). A Nonlinear Integer Programming Approach for the Minimization of Boolean Expressions. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 27 (10), 1850163. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218126618501633>
4. Fišer, P., Hlavička, J. (2000). Efficient minimization method for Incompletely defined Boolean functions. Conference: 4th Int. Workshop on Boolean Problems (IWSBP). Available at: https://www.researchgate.net/publication/260987269_Efficient_minimization_method_for_incompletely_defined_Boolean_functions
5. Dimopoulos, A. C., Pavlatos, C., Papakonstantinou, G. (2022). Multi-output, multi-level, multi-gate design using non-linear programming. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 50 (8), 2960–2968. doi: <https://doi.org/10.1002/cta.3300>
6. Scholl, C., Melchior, S., Hotz, G., Molitor, P. (1997). Minimizing ROBDD sizes of incompletely specified Boolean functions by exploiting strong symmetries. *Proceedings European Design and Test Conference. ED & TC 97*. doi: <https://doi.org/10.1109/edtc.1997.582364>
7. Rytsar, B. (2015). The Minimization Method of Boolean Functions in Polynomial Set-theoretical Format. Conference: Proc. 24th Inter. Workshop, CS@P'2015. Rzeszow, 130–146. Available at: https://www.researchgate.net/publication/298158364_The_Minimization_Method_of_Boolean_Functions_in_Polynomial_Set-theoretical_Format
8. Costamagna, A., De Micheli, G. (2023). Accuracy recovery: A decomposition procedure for the synthesis of partially-specified Boolean functions. *Integration*, 89, 248–260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vlsi.2022.12.008>
9. Boroumand, S., Bouganis, C.-S., Constantinides, G. A. (2021). Learning Boolean Circuits from Examples for Approximate Logic Synthesis. *Proceedings of the 26th Asia and South Pacific Design Automation Conference*. doi: <https://doi.org/10.1145/3394885.3431559>
10. Solomko, M. (2021). Developing an algorithm to minimize boolean functions for the visual-matrix form of the analytical method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (109)), 6–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225325>
11. Riznyk, V., Solomko, M., Tadeyev, P., Nazaruk, V., Zubyk, L., Voloshyn, V. (2020). The algorithm for minimizing Boolean functions using a method of the optimal combination of the sequence of figurative transformations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (105)), 43–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206308>
12. Minimizatsiya nepovnistiu vyznachenyykh lohichnykh funktsiy. Available at: <https://studfile.net/preview/14499737/page:17/>

13. Riznyk, V., Solomko, M. (2017). Application of super-sticking algebraic operation of variables for Boolean functions minimization by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (2 (38)), 60–76. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.118336>
14. Pottosin, Yu. V. (2021). Minimization of Boolean functions in the class of orthogonal disjunctive normal forms. *Informatics*, 18 (2), 33–47. doi: <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-2-33-47>
15. Zakrevskij, A. D., Toropov, N. R., Romanov, V. I. (2010). DNF-implementation of partial boolean functions of many variables. *Informatics*, 1 (25), 102–111. Available at: <https://inf.grid.by/jour/article/view/461/419>
16. Solomko, M., Batyshkina, I., Khomiuk, N., Ivashchuk, Y., Shevtsova, N. (2021). Developing the minimization of a polynomial normal form of boolean functions by the method of figurative transformations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (110)), 22–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229786>
17. Riznyk, V., Solomko, M. (2018). Minimization of conjunctive normal forms of boolean functions by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (43)), 42–55. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146312>
18. Sdvizhkov, O. A. (2012). *Diskretnaya matematika i matematicheskie metody ekonomiki s primeneniem VBA Ehcel*. Moscow: DMK, 212. Available at: https://www.studmed.ru/sdvizhkov-o-a-diskretnaya-matematika-i-matematicheskie-metody-ekonomiki-s-primeneniem-vba-excel_9edfd48c895.html
19. Huang, J. (2014). Programing implementation of the Quine-McCluskey method for minimization of Boolean expression. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1410.1059>
20. *Matematychna lohika ta dyskretna matematika* (2020). Kremenchuk, 61. Available at: http://document.kdu.edu.ua/metod/2020_2182.pdf
21. Novytskyi, I. V., Us, S. A. (2013). *Dyskretna matematika v prykladakh i zadachakh*. Dnipropetrovsk, 89. Available at: [https://sau.nmu.org.ua/osvita/metod/Discrete_Math\(Novitskiy_Us_NMU_SAU\).pdf](https://sau.nmu.org.ua/osvita/metod/Discrete_Math(Novitskiy_Us_NMU_SAU).pdf)
22. Rytsar, B. Ye. (2015). A New Method of Minimization of Logical Functions in the Polynomial Set-theoretical Format. 2. Minimization of Complete and Incomplete Functions. *УСМ*, 4, 9–30. Available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/87235>
23. Solomko, M., Batyshkina, I., Voitovych, I., Zubyk, L., Babych, S., Muzychuk, K. (2020). Devising a method of figurative transformations for minimizing boolean functions in the implicative basis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (108)), 32–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220094>
24. Solomko, M., Tadeyev, P., Zubyk, L., Babych, S., Mala, Y., Voitovych, O. (2021). Implementation of the method of figurative transformations to minimizing symmetric Boolean functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (112)), 23–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239149>
25. Zakrevskiy, A. D. (1981). *Logicheskiy sintez kaskadnyh shem*. Moscow, 414.
26. Chu, Z., Pan, H. (2023). Survey on Exact Logic Synthesis Based on Boolean SATisfiability. *Journal of Electronics & Information Technology*, 45 (1), 14–23. doi: <https://doi.org/10.11999/JEIT220391>
27. Yong-Xin, X. (1987). Xiao map for minimization of boolean expression. *International Journal of Electronics*, 63 (3), 353–358. doi: <https://doi.org/10.1080/00207218708939138>
28. Osuagwu, C. C., Anyanwu, C. D., Agada, J. O. (1989). Fast Minimization on the Xiao Map Using Row Group Structure Rules. *Nigerian*

Journal of Technology, 13 (1), 51–61. Available at: <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/123260>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273784
IMPROVEMENT OF THE OPTIMIZATION
METHOD BASED ON THE WOLF FLOCK
ALGORITHM (p. 26–33)

Oleksandr Trotsko

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7535-5023>

Nadiia Protas

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0943-0587>

Elena Odarushchenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2293-2576>

Yuliia Vakulenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6315-0116>

Larisa Degtyareva

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-9550>

Viktor Parzhnytskyi

Institute of Education Content Modernization, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0736-4694>

Pavlo Khomenko

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8543-1971>

Leonid Kolodiihuk

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8514-0541>

Vitaliy Nechyporuk

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3580-9953>

Nataliia Apenko

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-0869>

The problem that is solved in the research is to increase the efficiency of decision making in management tasks while ensuring the given reliability, regardless of the hierarchical nature of the object. The object of the research is decision making support system. The subject of the research is the decision making process in management tasks using an improved wolf flock algorithm. The hypothesis of the research is to increase the efficiency of decision making with a given assessment reliability. In the course of the research, an improved optimization method based on an improved wolf flock algorithm was proposed. In the course of the conducted research, the general provisions of the theory of artificial intelligence were used to solve the problem of analyzing the objects state and subsequent parametric management in intelligent decision making support systems.

The essence of the improvement lies in the use of the following procedures, which improve basic procedures of the wolf flock algorithm, namely search and chase:

– taking into account the type of uncertainty of the initial data while constructing the wolf flock path metric;

- searching for a solution in several directions using individuals from the wolf flock;
- initial presentation of individuals from the wolf flock;
- an improved procedure for adapting a flock of wolves;
- taking into account the available computing resources while choosing the number of leaders in a flock of wolves.

An example of the use of the proposed method is presented on the example of assessing the state of the operational situation of a group of troops (forces). The specified example showed an increase in the efficiency of data processing at the level of 23–30 % due to the use of additional improved procedures.

Keywords: artificial intelligence, wolf flock algorithm, data uncertainty, evaluation efficiency, adaptability.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, 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., 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>
3. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
4. 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>
5. 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>
6. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Y., Trotsko, O., Neroznak, Y. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5583–5590. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>
7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
8. Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellectual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsa: «UNIVERSUM», 320.
9. Alpeeva, E. A., Volkova, I. I. (2019). The use of fuzzy cognitive maps in the development of an experimental model of automation of production accounting of material flows. *Russian Journal of Industrial Economics*, 12 (1), 97–106. doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
10. Zagranovskaya, A. V., Eissner, Y. N. (2017). Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Modern economics: problems and solutions*, 10, 33–47. doi: <https://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
11. Simankov, V. S., Putyato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. *Sistemnyi analiz, upravlenie i obrabotka informatsii*, 13, 31–35.
12. 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>
13. 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>
14. 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>
15. 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>
16. 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>
17. 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>
18. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
19. 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>
20. 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](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
21. Gorelova, G. V. (2013). Cognitive approach to simulation of large systems. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, 3, 239–250. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-podhod-k-imitatsionnomu-modelirovaniyu-slozhnyh-sistem>
22. 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>
23. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>

24. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
25. Emel'yanov, V. V., Kureychik, V. V., Kureychik, V. M., Emel'yanov, V. V. (2003). *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya*. Moscow: Fizmatlit, 432.
26. Gorokhovatsky, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 5–12. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
27. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. (2020). Building Decision Support Systems based on Fuzzy Data. *Advanced Information Systems*, 4 (4), 48–56. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>
28. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
29. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
30. Shyshatskyi, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., Lyashenko, A. (2020). Method of assessment of the efficiency of the communication of operational troop grouping system. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 107–112. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
31. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
32. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
33. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
34. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
35. Lovska, A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 49–54. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_1/10%20Lovska.pdf
36. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry. *Acta Polytechnica*, 60 (6). doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>
37. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266009>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274144

FEATURES IN SOLVING INDIVIDUAL TASKS TO DEVELOP SERVICE-ORIENTED NETWORKS USING DYNAMIC PROGRAMMING (p. 34–40)

Olha Kryzhych

Institute of Telecommunications and Global Information Space of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1845-5014>

Victoria Itskovych

Institute of Telecommunications and Global Information Space of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Kyiv City State Administration, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1351-8178>

Kateryna Iushchenko

Institute of Telecommunications and Global Information Space of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5183-816X>

Oleksii Kuprin

Institute of Telecommunications and Global Information Space of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3730-4759>

The object of this study is an approach to solving the problems of designing service-oriented networks that warn about emergencies using dynamic programming. The main issue is the complexity of algorithmization of processes that describe the achievement of an optimal solution in multi-stage nonlinear problems. The possibilities of applying the Bellman optimality principle for solving the set tasks for the purpose of their application in the field of engineering and technology are determined. Based on the Bellman functional equation, a model of the optimal number of sensors in the monitoring system for warning of emergencies was built.

A feature of the design is that using the classical Bellman equation, it is proposed to solve problems of various technical directions, provided that the resource determines what exactly makes it possible to optimize work in any way. Important with this approach is the planning of the action as an element of some problem with the augmented state. After that, the proposed structure in formal form extends to other objects.

A problem was proposed and considered, which confirmed the mathematical calculations, as a result of which an optimal plan for replacing the sensors of the system was obtained; and the possibilities of significant cost reduction were identified. In the considered example, an optimal plan for replacing the system sensors was compiled and the possibility of reducing costs by 31.9 % was proved.

The proposed option was used in the development of information technology for modeling a service-oriented network based on energy-efficient long-range protocols; some of the identified features were further developed in the design of a recommendation system for issuing loans and developing an interactive personnel training system.

Keywords: sorting solutions, linear objective function, constraints, Bellman optimality principle, synthesis, optimization, discrete quantity, sensor, monitoring, emergency.

References

1. Minu, M. (1990). *Matematicheskoe programmirovaniye. Teoriya i algoritmy*. Moscow: Nauka. Gl. red. fiz.mat. lit., 488.
2. Dreyfus, S. (2002). Richard Bellman on the Birth of Dynamic Programming. *Operations Research*, 50 (1), 48–51. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.50.1.48.17791>
3. Bellman, R. E., Kalaba, R. E. (1959). *Dynamic Programming and Feedback Control*. RAND Corporation, 1778.
4. Dreyfus, S. (2003). Richard Ernest Bellman. *International Transactions in Operational Research*, 10 (5), 543–545. doi: <https://doi.org/10.1111/1475-3995.00426>
5. Kamien, M. I., Schwartz, N. L. (1991). *Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*. Amsterdam: Elsevier, 259–263.
6. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. (2001). *Introduction to Algorithms*. MIT Press & McGraw-Hill, 1184.
7. Giegerich, R., Meyer, C., Steffen, P. (2004). A discipline of dynamic programming over sequence data. *Science of Computer Programming*, 51 (3), 215–263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2003.12.005>
8. Meyn, S. (2007). *Control Techniques for Complex Networks*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511804410>
9. Boyd, S. P., Vandenberghe, L. (2004). *Convex Optimization*. Cambridge University Press, 727. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511804441>
10. Sniedovich, M. (2006). Dijkstra's algorithm revisited: the dynamic programming connexion. *Journal of Control and Cybernetics*, 35 (3), 599–620.
11. Vasilev, O. M. (2022). *Programuvannia movoiu Python*. Ternopil: Navchalna kniga – Bogdan, 504.
12. Dreyfus, S. (2002). Richard Bellman on the Birth of Dynamic Programming. *Operations Research*, 50 (1), 48–51. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.50.1.48.17791>
13. Bellman, R. (2003). *Dynamic programming* (Dover ed). Mineola: Dover Publications, 384.
14. Jones, M., Peet, M. M. (2021). A generalization of Bellman's equation with application to path planning, obstacle avoidance and invariant set estimation. *Automatica*, 127, 109510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2021.109510>
15. Jones, M., Peet, M. M. (2021). Extensions of the Dynamic Programming Framework: Battery Scheduling, Demand Charges, and Renewable Integration. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 66 (4), 1602–1617. doi: <https://doi.org/10.1109/tac.2020.3002235>
16. Dixit, A. K. (1990). *Optimization in economic theory*. Oxford: Oxford University Press, 164.
17. Miao, J. (2014). *Economic Dynamics in Discrete Time*. MIT Press, 134.
18. Kriazhych, O. O., Itskovych, V. Ye. (2022). Internet rechei v upravlinni skladnymy systemamy. *Naukovi pidsumky 2022 roku*. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 19.
19. Kuprin, O. M. (2022). Algorithmization of processes in recommendation systems. *Mathematical Machines and Systems*, 1, 71–80. doi: <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2022-1-71-80>
20. Yushchenko, K. S. (2022). Approach to automating the recruitment process using 3D resumes. *Mathematical Machines and Systems*, 2, 29–39. doi: <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2022-2-29-39>
21. Kryazhych, O., Kovalenko, O. (2019). Examining a mathematical apparatus of Z-approximation of functions for the construction of an adaptive algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (99)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.170824>
22. Trofymchuk, O., Adamenko, O., Trysniuk, V. (2021). Heoinformatsiini tekhnolohii zakhystu dovkillia pryrodno-zapovidnoho fondu. *Instytut telekomunikatsii ta hlobalnoho informatsiinoho prostoru, Ivano-Frankivskiy natsionalnyi tekhnichniy universytet nafty ta hazu*. Ivano-Frankivsk: Suprun V. P., 343.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273929

A METHOD FOR ASSESSING THE PRODUCTIVITY TRENDS OF COLLECTIVE SCIENTIFIC SUBJECTS BASED ON THE MODIFIED PAGERANK ALGORITHM (p. 41–47)

Yurii Andrashko

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2306-8377>

Oleksandr Kuchanskyy

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 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>

Oleksandr Pohoriliak

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0501-4861>

Myroslava Gladka

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5233-2021>

Ganna Slyvka-Tylyshchak

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7129-0530>

Dmytro Khlaponin

Kyiv National University of Construction

and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7797-4319>

Ivan Chychkan

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0854-389X>

The task of calculating the productivity of collective scientific subjects is a relevant issue in scientometrics. This study formalized the problem of assessing productivity trends of collective scientific subjects. The TWPR-CI method for calculating the performance based on the modified PageRank algorithm is described. Formulas for calculating productivity have been derived that make it possible to take into account a change in the productivity of collective scientific subjects over time. The indicators of the basic average absolute change in performance and the chain average relative change in performance were chosen as the basis. To select promising, from the point of view of scientific work, collective subjects, preference is given to those whose basic average absolute change in productivity is positive or the chain average relative change in productivity exceeds unity. Verification of the method for assessing performance trends of

collective scientific entities based on the modified PageRank algorithm using the public dataset Citation Network Dataset was carried out. The dataset includes more than 5 million scientific publications and 48 million citations. The citation of scientific publications of 27,500 collective scientific subjects for the period from 2000 to 2022 was analyzed. For this period, for 15 selected collective scientific subjects, performance is calculated using the TWPR-CI method, as well as estimates of productivity trends based on their average relative change. There are three classes of collective scientific subjects according to productivity trends. The results indicate the relevance of the proposed method for quantifying the productivity trends of collective scientific entities (higher education institutions, scientific institutes, laboratories, and other institutions engaged in scientific activities).

Keywords: PageRank algorithm, scientific work, collective scientific subject, scientometrics, scientific productivity.

References

- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Omirbayev, S., Mukhatayev, A., Faizullin, A., Toxanov, S. (2021). Development of the set models and a method to form information spaces of scientific activity subjects for the steady development of higher education establishments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (111)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233655>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102 (46), 16569–16572. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Brin, S., Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30 (1-7), 107–117. doi: [https://doi.org/10.1016/s0169-7552\(98\)00110-x](https://doi.org/10.1016/s0169-7552(98)00110-x)
- Leskovec, J., Rajaraman, A., Ullman, J. D. (2020). *Mining of massive datasets*. Cambridge University Press, 565. doi: <https://doi.org/10.1017/9781108684163>
- Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2019). Improvement of the method for scientific publications clustering based on n-gram analysis and fuzzy method for selecting research partners. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (100)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175139>
- Bianchini, M., Gori, M., Scarselli, F. (2005). Inside PageRank. *ACM Transactions on Internet Technology*, 5 (1), 92–128. doi: <https://doi.org/10.1145/1052934.1052938>
- Assessing universities and other research-focused institutions. Scimago Institutions Rankings. Available at: <https://www.scimagoir.com/>
- Bergstrom, C. (2007). Eigenfactor: Measuring the value and prestige of scholarly journals. *College & Research Libraries News*, 68 (5), 314–316. doi: <https://doi.org/10.5860/crln.68.5.7804>
- Zhang, F. (2017). Evaluating journal impact based on weighted citations. *Scientometrics*, 113 (2), 1155–1169. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2510-z>
- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Mukhatayev, A., Toxanov, S., Faizullin, A. (2020). Methods of Assessing the Scientific Activity of Scientists and Higher Education Institutions. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). doi: <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349348>
- Zhang, J., Liu, X. (2022). Citation Oriented AuthorRank for Scientific Publication Ranking. *Applied Sciences*, 12 (9), 4345. doi: <https://doi.org/10.3390/app12094345>
- Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2020). The use of probabilistic latent semantic analysis to identify scientific subject spaces and to evaluate the completeness of covering the results of dissertation studies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (106)), 21–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209886>
- Wang, Y., Zeng, A., Fan, Y., Di, Z. (2019). Ranking scientific publications considering the aging characteristics of citations. *Scientometrics*, 120 (1), 155–166. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03117-9>
- Xing, W., Ghorbani, A. (2004). Weighted PageRank algorithm. *Proceedings. Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research*, 2004. doi: <https://doi.org/10.1109/dnsr.2004.1344743>
- Manaskasemak, B., Rungsawang, A., Yamana, H. (2010). Time-weighted web authoritative ranking. *Information Retrieval*, 14 (2), 133–157. doi: <https://doi.org/10.1007/s10791-010-9138-4>
- Kuchansky, A., Biloshchytskyi, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Faizullin, A. (2022). The Scientific Productivity of Collective Subjects Based on the Time-Weighted PageRank Method with Citation Intensity. *Publications*, 10 (4), 40. doi: <https://doi.org/10.3390/publications10040040>
- Citation Network Dataset: DBLP+Citation, ACM Citation network. Aminer. Available at: <https://www.aminer.org/citation>
- Tang, J., Zhang, J., Yao, L., Li, J., Zhang, L., Su, Z. (2008). ArnetMiner. *Proceedings of the 14th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. doi: <https://doi.org/10.1145/1401890.1402008>
- Microsoft Academic Graph. Microsoft. Available at: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/microsoft-academic-graph/>
- DBLP Computer science bibliography. Available at: <https://dblp.org/>
- Association for Computing Machinery. Available at: <https://www.acm.org/>
- Xu, H., Kuchansky, A., Gladka, M. (2021). Devising an individually oriented method for selection of scientific activity subjects for implementing scientific projects based on scientometric analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (114)), 93–100. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248040>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274177

DEVISING A METHOD FOR BALANCING THE LOAD ON A TERRITORIALY DISTRIBUTED FOGGY ENVIRONMENT (p. 48–55)

Nina Kuchuk

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

Oleksandr Mozhaiev

Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1412-2696>

Serhii Semenov

Simon Kuznets Kharkiv National University
of Economics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4472-9234>

Andrii Haichenko

Ministry of Justice of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4423-9921>

Heorhii Kuchuk

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2862-438X>

Serhii Tulieniev

Scientific Research Centre for Forensic on Intellectual Property
of the Ministry of Justice of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9685-1536>

Mykhailo Mozhaiev

Scientific Research Centre for Forensic on Intellectual Property
of the Ministry of Justice of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1566-9260>

Viacheslav Davydov

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2976-8422>

Oksana Brusakova

Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-0424>

Yurii Gнусov

Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9635>

This study solves the task to redistribute the load on a geographically distributed foggy environment in order to achieve a load balance of virtual clusters. The necessity and possibility of developing a universal and at the same time scientifically based approach to load balancing has been determined. Object of study: the process of redistribution of load in a foggy environment between virtual, geographically distributed clusters. A load balancing method makes it possible to reduce delays and decrease the time for completing tasks on foggy nodes, which brings task processing closer to real time. To solve the task, a mathematical model of the functioning of a separate cluster in a foggy environment has been built. As a result of modeling, the problem of finding the optimal distribution of tasks across the nodes of the virtual cluster was obtained. The limitations of the problem take into account the characteristics of the physical nodes of support for the virtual cluster. The process of distributing the additional load was also simulated through the graph representation of tasks entering virtual clusters. The task to devise a method for load transfer between virtual clusters within a foggy environment is solved using the proposed iterative algorithm for finding a suitable cluster and placing the load. The simulation results showed that the balance of the foggy environment when using the proposed method increases significantly provided the network load is small. The scope of application of the results includes geographically distributed foggy systems, in particular the foggy layer of the industrial Internet of Things. A necessary practical condition for using the proposed results is the non-exceeding the specified limit of the total load on the foggy medium, usually 70 %.

Keywords: decentralized platform, cloud environment, Internet of Things, virtual cluster, iterative algorithm.

References

- Kumar, N., Sharma, B., Narang, S. (2022). Emerging Communication Technologies for Industrial Internet of Things: Industry 5.0 Perspective. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 107–122. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-1142-2_9
- Qayyum, T., Trabelsi, Z., Waqar Malik, A., Hayawi, K. (2022). Mobility-aware hierarchical fog computing framework for Industrial Internet of Things (IIoT). *Journal of Cloud Computing*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00345-y>
- Chalapathi, G. S. S., Chamola, V., Vaish, A., Buyya, R. (2021). Industrial Internet of Things (IIoT) Applications of Edge and Fog Computing: A Review and Future Directions. *Advances in Information Security*, 293–325. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57328-7_12
- Lu, S., Wu, J., Wang, N., Duan, Y., Liu, H., Zhang, J., Fang, J. (2021). Resource provisioning in collaborative fog computing for multiple delay-sensitive users. *Software: Practice and Experience*, 53(2), 243–262. doi: <https://doi.org/10.1002/spe.3000>
- Özdoğan, E. (2022). Cloud, Fog, and Edge Computing for IoT-Enabled Cognitive Buildings. *IoT Edge Solutions for Cognitive Buildings*, 23–52. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15160-6_2
- Kuchuk, G. A., Akimova, Yu. A., Klimenko, L. A. (2000). Method of optimal allocation of relational tables. *Engineering Simulation*, 17 (5), 681–689.
- Attar, H., Khosravi, M. R., Igorovich, S. S., Georgievan, K. N., Alhihi, M. (2021). E-Health Communication System with Multiservice Data Traffic Evaluation Based on a G/G/1 Analysis Method. *Current Signal Transduction Therapy*, 16 (2), 115–121. doi: <https://doi.org/10.2174/1574362415666200224094706>
- Kovalenko, A., Kuchuk, H., Kuchuk, N., Kostolny, J. (2021). Horizontal scaling method for a hyperconverged network. *2021 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/idt52577.2021.9497534>
- Raskin, L., Sukhomlyn, L., Sagaidachny, D., Korsun, R. (2021). Analysis of multi-threaded markov systems. *Advanced Information Systems*, 5 (4), 70–78. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.11>
- Svyrydov, A., Kuchuk, H., Tsiapa, O. (2018). Improving efficiency of image recognition process: Approach and case study. *2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dessert.2018.8409201>
- Li, G., Liu, Y., Wu, J., Lin, D., Zhao, S. (2019). Methods of Resource Scheduling Based on Optimized Fuzzy Clustering in Fog Computing. *Sensors*, 19 (9), 2122. doi: <https://doi.org/10.3390/s19092122>
- Proietti Mattia, G., Beraldi, R. (2023). P2PFaaS: A framework for FaaS peer-to-peer scheduling and load balancing in Fog and Edge computing. *SoftwareX*, 21, 101290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101290>
- Hoang, D., Dang, T. D. (2017). FBRC: Optimization of task Scheduling in Fog-Based Region and Cloud. *2017 IEEE Trustcom/Big-DataSE/ICSS*. doi: <https://doi.org/10.1109/trustcom/bigdata-se/icc.2017.360>
- Sharma, S., Saini, H. (2019). A novel four-tier architecture for delay aware scheduling and load balancing in fog environment. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 24, 100355. doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.100355>
- Khudov, H., Diakonov, O., Kuchuk, N., Maliuha, V., Furmanov, K., Mylashenko, I. et al. (2021). Method for determining coordinates of airborne objects by radars with additional use of ADS-B receivers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 54–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238407>

16. Malik, U. M., Javed, M. A., Frnda, J., Rozhon, J., Khan, W. U. (2022). Efficient Matching-Based Parallel Task Offloading in IoT Networks. *Sensors*, 22 (18), 6906. doi: <https://doi.org/10.3390/s22186906>
17. Liu, L., Chen, H., Xu, Z. (2022). SPMOO: A Multi-Objective Offloading Algorithm for Dependent Tasks in IoT Cloud-Edge-End Collaboration. *Information*, 13 (2), 75. doi: <https://doi.org/10.3390/info13020075>
18. Ghenai, A., Kabouche, Y., Dahmani, W. (2018). Multi-user dynamic scheduling-based resource management for Internet of Things applications. 2018 International Conference on Internet of Things, Embedded Systems and Communications (IINTEC). doi: <https://doi.org/10.1109/iintec.2018.8695308>
19. Yaloveha, V., Hlavcheva, D., Podorozhniak, A., Kuchuk, H. (2019). Fire Hazard Research of Forest Areas based on the use of Convolutional and Capsule Neural Networks. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). doi: <https://doi.org/10.1109/ukrcon.2019.8879867>
20. Podorozhniak, A., Liubchenko, N., Kvochka, M., Suarez, I. (2021). Usage of intelligent methods for multispectral data processing in the field of environmental monitoring. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.13>
21. Aburukba, R. O., AliKarrar, M., Landolsi, T., El-Fakih, K. (2020). Scheduling Internet of Things requests to minimize latency in hybrid Fog-Cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 111, 539–551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.039>
22. Jamil, B., Shojafar, M., Ahmed, I., Ullah, A., Munir, K., Ijaz, H. (2019). A job scheduling algorithm for delay and performance optimization in fog computing. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 32 (7). doi: <https://doi.org/10.1002/cpe.5581>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274575

ANOMALY DETECTION IN INTERNET OF MEDICAL THINGS WITH ARTIFICIAL INTILLENCE (p. 56–62)

Shalau Farhad Hussein

University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3160-0792>

Zena Ez. Dallalbashi

Northern Technical University, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7213-6175>

Ahmed Burhan Mohammed

University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4326-0120>

Internet of things (IoT) becomes the most popular term in the recent advances in Healthcare devices. The healthcare data in the IoT process and structure is very sensitive and critical in terms of healthy and technical considerations. Outlier detection approaches are considered as principal tool or stage of any IoT system and are mainly categorized in statistical and probabilistic, clustering and classification-based outlier detection. Recently, fuzzy logic (FL) system is used in ensemble and cascade systems with other ML-based tools to enhance outlier detection performance but its limitation involves the false detection of outliers. In this paper, we propose a fuzzy logic system that uses the anomaly score of each point using local outlier factor (LOF), connectivity-based outlier factor (COF) and generalized LOF to eliminate the confusion in classifying points as outliers or inliers. Regarding human activity recognition (HAR)

dataset, the FL achieved a value of 98.2 %. Compared to the performance of LOF, COF, and GLOF individually, the accuracy increased slightly, but the increase in precision and recall indicates an increase in correctly classified data and that neither true nor abnormal data is classified wrongly. The results show the increase in precision and recall which indicates an increase in correctly classified data. Thus, it can be confirmed that fuzzy logic with input of scores achieved the desired goal in terms of mitigating cases of false detection of anomalous data. By comparing the proposed ensemble of fuzzy logic and different types of local density scores in this study, the outcomes of fuzzy logic presents a new way of elaborating or fusing the different tools of the same purpose to enhance detection performance.

Keywords: anomaly detection, outlier score, anomaly score, fuzzy logic, hybrid system.

References

1. Alsaydia, O. M., Saadallah, N. R., Malallah, F. L., AL-Adwany, M. A. S. (2021). Limiting COVID-19 infection by automatic remote face mask monitoring and detection using deep learning with IoT. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (113)), 29–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238359>
2. Kadhim, K. T., Alsahlany, A. M., Wadi, S. M., Kadhum, H. T. (2020). An Overview of Patient's Health Status Monitoring System Based on Internet of Things (IoT). *Wireless Personal Communications*, 114 (3), 2235–2262. doi: <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07474-0>
3. Samara, M. A., Bennis, I., Abouaissa, A., Lorenz, P. (2022). A Survey of Outlier Detection Techniques in IoT: Review and Classification. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 11 (1), 4. doi: <https://doi.org/10.3390/jsan11010004>
4. Alghushairy, O., Alsini, R., Soule, T., Ma, X. (2020). A Review of Local Outlier Factor Algorithms for Outlier Detection in Big Data Streams. *Big Data and Cognitive Computing*, 5 (1), 1. doi: <https://doi.org/10.3390/bdcc5010001>
5. Bzai, J., Alam, F., Dhafer, A., Bojović, M., Altowaijri, S. M., Niazi, I. K., Mehmood, R. (2022). Machine Learning-Enabled Internet of Things (IoT): Data, Applications, and Industry Perspective. *Electronics*, 11 (17), 2676. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics11172676>
6. Razzak, I., Zafar, K., Imran, M., Xu, G. (2020). Randomized non-linear one-class support vector machines with bounded loss function to detect of outliers for large scale IoT data. *Future Generation Computer Systems*, 112, 715–723. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.05.045>
7. Vani, K., Neeralagi, R. R. (2017). IoT based health monitoring using fuzzy logic. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13 (10), 2419–2429. Available at: https://www.ripublication.com/ijcir17/ijcirv13n10_11.pdf
8. Bharathy, A. V., Basha, A. M. (2016). A hybrid intrusion detection system cascading support vector machine and fuzzy logic. *World Applied Sciences Journal*, 35 (1), 104–109.
9. Cateni, S., Colla, V., Vannucci, M. (2009). A fuzzy system for combining different outliers detection methods. 9th IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Applications AIA 2009. Available at: https://www.researchgate.net/publication/235351913_A_Fuzzy_System_for_Combining_Different_Outliers_Detection_Methods
10. Tan, F. H. S., Park, J. R., Jung, K., Lee, J. S., Kang, D.-K. (2020). Cascade of One Class Classifiers for Water Level Anomaly Detection. *Electronics*, 9 (6), 1012. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics9061012>

11. Muniyandi, A. P., Rajeswari, R., Rajaram, R. (2012). Network Anomaly Detection by Cascading K-Means Clustering and C4.5 Decision Tree algorithm. *Procedia Engineering*, 30, 174–182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.849>
12. Breunig, M. M., Kriegel, H.-P., Ng, R. T., Sander, J. (2000). LOF. *ACM SIGMOD Record*, 29 (2), 93–104. doi: <https://doi.org/10.1145/335191.335388>
13. Alshawabkeh, M., Jang, B., Kaeli, D. (2010). Accelerating the local outlier factor algorithm on a GPU for intrusion detection systems. *Proceedings of the 3rd Workshop on General-Purpose Computation on Graphics Processing Units*. doi: <https://doi.org/10.1145/1735688.1735707>
14. Wang, Y., Li, K., Gan, S. (2018). A Kernel Connectivity-based Outlier Factor Algorithm for Rare Data Detection in a Baking Process. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (18), 297–302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.09.316>
15. Anguita, D., Ghio, A., Oneto, L., Parra, X., Reyes-Ortiz, J. L. (2013). A public domain dataset for human activity recognition using smartphones. In *Proceedings of the 21th international European symposium on artificial neural networks, computational intelligence and machine learning*. Bruges. Available at: https://web.archive.org/web/20210506171341id_/https://www.elen.ucl.ac.be/Proceedings/esann/esannpdf/es2013-84.pdf
16. Reiss, A., Stricker, D. (2012). Introducing a New Benchmarked Dataset for Activity Monitoring. 2012 16th International Symposium on Wearable Computers. doi: <https://doi.org/10.1109/iswc.2012.13>
17. Pokrajac, D., Reljin, N., Pejcic, N., Lazarevic, A. (2008). Incremental Connectivity-Based Outlier Factor Algorithm. *Electronic Workshops in Computing*. doi: <https://doi.org/10.14236/ewic/vocs2008.18>
18. Jiang, S.-Y., Li, Q.-H., Li, K.-L., Wang, H., Meng, Z.-L. (2003). GLOF: a new approach for mining local outlier. *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.03EX693)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icmlc.2003.1264462>
19. Fuzzy Logic Toolbox. The MathWorks. Available at: <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>
20. Li, K.-L., Huang, H.-K., Tian, S.-F., Xu, W. (2003). Improving one-class SVM for anomaly detection. *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No. 03EX693)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icmlc.2003.1260106>
21. Xiao, Y., Wang, H., Xu, W. (2017). Ramp Loss based robust one-class SVM. *Pattern Recognition Letters*, 85, 15–20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.11.016>
22. Anderez, D. O., Lotfi, A., Pourabdollah, A. (2020). Eating and drinking gesture spotting and recognition using a novel adaptive segmentation technique and a gesture discrepancy measure. *Expert Systems with Applications*, 140, 112888. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112888>
23. Yahaya, S. W., Lotfi, A., Mahmud, M. (2019). A Consensus Novelty Detection Ensemble Approach for Anomaly Detection in Activities of Daily Living. *Applied Soft Computing*, 83, 105613. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105613>

АНОТАЦІЇ

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273293**ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ОБРАЗНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ЧАСТКОВО ВИЗНАЧЕНИХ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ (с. 6–25)****М. Т. Соломко, М. С. Антонюк, І. С. Войтович, Ю. В. Ульяновська, Н. С. Павлова, В. В. Білецький**

Проведеними дослідженнями встановлена можливість збільшення ефективності методу образних перетворень для мінімізації частково визначених булевих функцій. Метод дає змогу без втрати функціональності зменшити складність процедури мінімізації, порівняно з перебором бінарних довизначень частково визначених булевих функцій. Інтерпретація результату полягає у тому, що системи $2-(n, b)$ -design, $2-(n, x/b)$ -design є відображенням логічних операцій. Тому виявлення таких комбінаторних систем у таблиці істинності логічних функцій безпосередньо і однозначно встановлює локацію логічних операцій для рівносильних перетворень булевих виразів. Це, у свою чергу, імплікує алгоритм спрощення булевих функцій, у тому числі й частково визначених булевих функцій. Таким чином метод образних перетворень спрощує та пришвидшує процедуру мінімізації частково визначених булевих функцій, порівняно з аналогами. Це вказує на те, що візуально-матрична форма аналітичного методу, все ще має перспективу нарощувати свої апаратні можливості, зокрема й стосовно мінімізації частково визначених булевих функцій.

Експериментально підтверджено, що метод образних перетворень підвищує ефективність мінімізації частково визначених булевих функцій, порівняно з аналогами на 100–200 %.

Є підстави стверджувати про можливість збільшення ефективності мінімізації частково визначених булевих функцій в основному та поліномному базисах зазначеним методом. Ефективність методу, зокрема, забезпечується проведенням всіх операцій узагальненого склеювання змінних для тупикових диз'юнктивних нормальних форм (ДНФ) з наступним застосуванням імплікантних таблиць; оптимальним комбінуванням послідовності логічних операцій склеювання змінних.

Ключові слова: мінімізація частково визначених булевих функцій методом образних перетворень, локація рівносильних перетворень.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273784**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ ЗГРАЇ ВОVKІВ (с. 26–33)****О. О. Троцько, Н. М. Протас, О. Б. Одарушенко, Ю. В. Вакуленко, Л. М. Дегтярьова, В. В. Паржницький, П. В. Хоменко, Л. В. Колодійчук, В. В. Нечипорук, Н. В. Апенько**

Проблема, яка вирішується в дослідженні, є підвищення оперативності прийняття рішення в задачах управління при забезпеченні заданої достовірності незалежно від ієрархічності об'єкту. Об'єктом дослідження є системи підтримки прийняття рішень. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в задачах управління за допомогою удосконаленого алгоритму зграї вовків. Гіпотезою дослідження є підвищення оперативності прийняття рішення при заданій достовірності оцінювання. В ході дослідження запропоновано удосконалений метод оптимізації на основі удосконаленого алгоритму зграї вовків. В ході проведеного дослідження використовувалися загальні положення теорії штучного інтелекту – для вирішення задачі аналізу стану об'єктів та послідуєчого параметричного управління в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. В основу дослідження покладено основні процедури алгоритму зграї вовків та генетичного алгоритму.

Сутність удосконалення полягає в використанні наступних процедур, які удосконалюють обидві базові процедури алгоритму зграї вовків, а саме пошуку та погоні:

- врахування типу невизначеності вихідних даних при побудові метрики шляху зграї вовків;
- пошуку рішення у декількох напрямках з використанням особин з зграї вовків;
- початкового виставлення особин зі зграї вовків;
- удосконаленою процедурою пристосування зграї вовків;
- врахування наявних обчислювальних ресурсів при виборі кількості ватажків у зграї вовків.

Проведений приклад використання запропонованого методу на прикладі оцінки стану оперативної обстановки угруповання війсь (сил). Зазначений приклад показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 23–30 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

Ключові слова: штучний інтелект, алгоритм зграї вовків, невизначеність даних, оперативність оцінювання, пристосованість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274144**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОКРЕМИХ ЗАДАЧ РОЗРОБКИ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ (с. 34–40)****О. О. Кряжич, В. Є. Іцкович, К. С. Ющенко, О. М. Купрін**

Об'єктом дослідження є підхід до розв'язання задач розробки сервіс-орієнтованих мереж оповіщення при надзвичайних аварійних ситуаціях за допомогою динамічного програмування. Основною проблемою виступає складність алгоритмізації процесів,

які описують досягнення оптимального рішення у багатоетапних нелінійних задачах. Визначені можливості застосування принципу оптимальності Беллмана для вирішення поставлених задач з метою їх застосування у сфері техніки і технологій. На базі функціонального рівняння Беллмана була розроблена модель оптимальної кількості датчиків системи моніторингу для оповіщення про аварійні ситуації.

Особливістю розробки є те, що з використанням класичного рівняння Беллмана пропонується вирішення задач різного технічного спрямування, за умови, що ресурсом визначається те, що дозволяє будь-яким чином оптимізувати роботу. Важливим при такому підході є планування дії як елементу деякої проблеми з доповненим станом. Після цього запропонована структура у формальному вигляді поширюється на інші об'єкти.

Була запропонована та розглянута задача, яка підтвердила математичні викладки, в результаті чого був отриманий оптимальний план заміни датчиків системи, а також виявлені можливості значного скорочення витрат. У розглянутому прикладі був отриманий оптимальний план заміни датчиків системи та доведена можливість скорочення витрат у 31,9 %.

Запропоноване було використане при розробці інформаційної технології моделювання сервіс-орієнтованої мережі на базі енерго-ефективних протоколів далекого радіусу дії, деякі виявлені особливості отримали подальший розвиток при проектуванні рекомендаційної системи видачі кредитів та розробці інтерактивної системи навчання персоналу.

Ключові слова: перебір рішень, лінійна цільова функція, обмеження, принцип оптимальності Беллмана, синтез, оптимізація, дискретна величина, датчик, моніторинг, аварійна ситуація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273929

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ТРЕНДІВ ПРОДУКТИВНОСТІ КОЛЕКТИВНИХ НАУКОВИХ СУБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО PAGERANK АЛГОРИТМУ (с. 41–47)

Ю. В. Андрашко, О. Ю. Кучанський, А. О. Білощичкий, О. О. Погоріляк, М. В. Гладка, Г. І. Сливка-Тилищак, Д. Ю. Хлапонін, І. В. Чичкань

Задача розрахунку продуктивності колективних наукових суб'єктів є актуальною задачею наукометрії. В дослідження проведено формалізацію задачі оцінювання трендів продуктивності колективних наукових суб'єктів. Описано метод розрахунку продуктивності TWPR-CI на основі модифікованого PageRank алгоритму. Встановлено формули для розрахунку продуктивності, які дозволяють врахувати зміну продуктивності колективних наукових суб'єктів з часом. За основу було обрано показники базової середньої абсолютної зміни продуктивності та ланцюгової середньої відносної зміни продуктивності. Для відбору перспективних, з точки зору наукової роботи колективних суб'єктів, надають перевагу тим, у яких базова середня абсолютна зміна продуктивності додатна або ланцюгова середня відносна зміна продуктивності перевищує одиницю. Проведена верифікація методу оцінювання трендів продуктивності колективних наукових суб'єктів на основі модифікованого PageRank алгоритму з використанням публічного датасету Citation Network Dataset. Датасет включає більше 5 млн. наукових публікацій та 48 млн. цитувань. Було проаналізовано цитування наукових публікацій 27 500 колективних наукових суб'єктів за період з 2000 р. по 2022 р. Для цього періоду для 15 вибраних колективних наукових суб'єктів розраховано продуктивність за методом TWPR-CI, а також оцінки трендів продуктивності на основі їх середньої відносної зміни. Виділено три класи колективних наукових суб'єктів за трендами продуктивності. Отримані результати свідчать про релевантність запропонованого методу для кількісного оцінювання трендів продуктивності колективних наукових суб'єктів (закладів вищої освіти, наукових інститутів, лабораторій, інших установ, які займаються науковою діяльністю).

Ключові слова: алгоритм PageRank, наукова робота, колективний науковий суб'єкт, наукометрія, наукова продуктивність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274177

РОЗРОБКА МЕТОДУ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНОГО ТУМАННОГО СЕРЕДОВИЩА (с. 48–55)

Н. Г. Кучук, О. О. Можасєв, С. Г. Семенов, А. В. Гайченко, Г. А. Кучук, С. А. Тюленєв, М. О. Можасєв, В. В. Давидов, О. В. Брусакова, Ю. В. Гнусов

Завдання, що вирішувалося в дослідженні: перерозподіл навантаження територіально розподіленого туманного середовища з метою досягнення балансу завантаження віртуальних кластерів. Визначено необхідність і можливість розробки універсального і водночас науково обґрунтованого підходу для балансування навантаження. Об'єкт дослідження: процес перерозподілу навантаження у туманному середовищі між віртуальними, територіально розподіленими кластерами. Метод балансування навантаження дозволяє знизити затримки та зменшити час виконання завдань на туманних вузлах, що наближає процес обробки завдань до режиму реального часу. Для вирішення завдання розроблена математична модель функціонування окремого кластера туманного середовища. В результаті моделювання отримана задача знаходження оптимального розподілу завдань по вузлах віртуального кластера. Обмеження задачі враховують характеристики фізичних вузлів підтримки віртуального кластера. Також змодельований процес розподілу додаткового навантаження за рахунок графового представлення завдань, що надходять до віртуальних кластерів. Завдання розробки методу перенесення навантаження між віртуальними кластерами туманного середовища вирішується за допомогою запропонованого ітераційного алгоритму пошуку відповідного кластера та розміщення навантаження. Результати моделювання показали, що збалансованість туманного середовища при використанні запропонованого методу суттєво підвищується, якщо завантаження мережі невелике. Сфера використання отриманих результатів: територіально розподілені туманні системи, зокрема туманний шар індустріаль-

ного Інтернету речей. Необхідною практичною умовою використання запропонованих результатів є неперевикнення заданої границі загальної завантаженості туманного середовища, зазвичай 70 %.

Ключові слова: децентралізована платформа, хмарне середовище, інтернет речей, віртуальний кластер, ітераційний алгоритм.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274575

ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ІНТЕРНЕТІ МЕДИЧНИХ РЕЧЕЙ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ (с. 56–62)

Shalau Farhad Hussein, Zena Ez. Dallalbashi, Ahmed Burhan Mohammed

Інтернет речей (IP) стає найпопулярнішим терміном в останніх досягненнях у сфері пристроїв охорони здоров'я. Дані охорони здоров'я в процесі та структурі IP є дуже чутливими та критичними з точки зору здоров'я та технічних міркувань. Підходи до виявлення викидів вважаються основним інструментом або етапом будь-якої системи IP і в основному поділяються на статистичне та ймовірнісне виявлення викидів на основі кластеризації та класифікації. Останнім часом система нечіткої логіки (НЛ) використовується в ансамблевих і каскадних системах з іншими інструментами на основі машинного навчання для підвищення продуктивності виявлення викидів, але її обмеження включає хибне виявлення викидів. У цій статті ми пропонуємо систему нечіткої логіки, яка використовує оцінку аномалії кожної точки з використанням локального викиду (ЛВ), викиду на основі зв'язності (ВОЗ) і узагальненого УЛВ, щоб усунути плутанину в класифікації точок як викидів або внутрішніх. Щодо набору даних розпізнавання діяльності людини (РДЛ), НЛ досягла значення 98,2%. Порівняно з характеристиками ЛВ, ВОЗ і ГУЛВ окремо, точність дещо зросла, але збільшення точності та запам'ятовування вказує на збільшення правильно класифікованих даних і те, що ані правдиві, ані аномальні дані класифіковані неправильно. Результати демонструють підвищення точності та запам'ятовування, що вказує на збільшення правильно класифікованих даних. Таким чином, можна підтвердити, що нечітка логіка з введенням балів досягла бажаної мети з точки зору пом'якшення випадків помилкового виявлення аномальних даних. Порівнюючи запропонований ансамбль нечіткої логіки та різні типи оцінок локальної щільності в цьому дослідженні, результати нечіткої логіки представляють новий спосіб розробки або злиття різних інструментів однієї мети для підвищення ефективності виявлення.

Ключові слова: виявлення аномалії, оцінка викиду, оцінка аномалії, нечітка логіка, гібридна система.