

ABSTRACT AND REFERENCES

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305826
DEVELOPMENT OF A NON-STANDARD SYSTEM
FOR SIMPLIFYING BOOLEAN FUNCTIONS (p. 6–34)

Mykhailo Solomko

National University of Water and Environmental Engineering,
Rivne, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0168-5657>

The object of this study is models of low-power digital logic circuits. The problem being solved is the effectiveness of the technique for simplifying Boolean functions to obtain optimal structures of logic circuits. A new theorem of a non-standard system of simplification of Boolean functions has been formulated, according to which in order to obtain a minimal function it will suffice to perform all non-redundant operations of simple and/or super-gluing of variables, which ultimately provides a minimal function in the main basis without using an implicant table. Thus, the problem of simplifying Boolean functions to the simplest normal equivalent is solved in one step. The interpretation of the result is that the properties of $2-(n, b)$ -design combinatorial systems make it possible to reproduce the definition of logical operations of super-gluing variables, to represent logical operations in a different way, and vice versa. This, in turn, ensures the establishment of the locations of equivalent transformations on the binary structure of the truth table and the implication of a systematic procedure for simplifying Boolean functions by an analytical method. Special feature of the results is that unambiguous identification of the locations of equivalent transformations is possible even when different intervals of the Boolean space containing the $2-(n, b)$ -design systems have common modules.

It has been experimentally confirmed that the non-standard system improves the efficiency of simplifying Boolean functions, including partially defined ones, by 200–300 % compared to analogs.

In terms of application, a non-standard system for simplifying Boolean functions will ensure the transfer of innovations to material production: from conducting fundamental research, expanding the capabilities of digital component design technology to organizing serial or mass production of novelties.

Keywords: simplification of Boolean functions, non-standard system, intervals of Boolean space, location of equivalent transformations.

References

- 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. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146312>
- 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229786>
- Solomko, M., Khomiuk, N., Ivashchuk, Y., Nazaruk, V., Reinska, V., Zubyk, L., Popova, A. (2020). Implementation of the method of image transformations for minimizing the Sheffer functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (107)), 19–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214899>
- Solomko, M., Antoniuk, M., Voitovych, I., Ulianovska, Y., Pavlova, N., Biletskyi, V. (2023). Implementing the method of figurative transformations to minimize partially defined Boolean functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (121)), 6–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273293>
- Burmistrov, S. V., Khotunov, V. I., Zakharova, M. V., Mykhaylyuta, S. L., Liuta, M. V. (2023). Index method of minimization of Boolean functions. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 2, 24–37. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2023.273763>
- Udovenko, A. (2023). DenseQMC: an efficient bit-slice implementation of the Quine-McCluskey algorithm. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.10083>
- Ignatiev, A., Previti, A., Marques-Silva, J. (2015). SAT-Based Formula Simplification. *Theory and Applications of Satisfiability Testing -- SAT 2015*, 287–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24318-4_21
- Calò, E., Levy, J. (2023). General Boolean Formula Minimization with QBF Solvers. *Artificial Intelligence Research and Development*. <https://doi.org/10.3233/faia230705>
- Faroß, N., Schwarz, S. (2023). Gröbner Bases for Boolean Function Minimization. *8th International Workshop on Satisfiability Checking and Symbolic Computation*. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3455/short4.pdf>
- Le Charlier, B., Atindehou, M. M. (2016). A Method to Simplify Expressions: Intuition and Preliminary Experimental Results. *EPiC Series in Computing*. <https://doi.org/10.29007/jv63>
- Prasad, V. C. (2018). Novel method to simplify Boolean functions. *Automatyka/Automatics*, 22 (2), 29. <https://doi.org/10.7494/automat.2018.22.2.29>
- Siládi, V., Filo, T. (2013). Quine-Mccluskey algorithm on GPGPU. *AWERProcedia Information Technology & Computer Science*, 04, 814–820. <https://doi.org/10.13140/2.1.2113.1522>
- Costamagna, A., De Micheli, G. (2023). Accuracy recovery: A decomposition procedure for the synthesis of partially-specified Boolean functions. *Integration*, 89, 248–260. <https://doi.org/10.1016/j.vlsi.2022.12.008>
- 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*. <https://doi.org/10.1145/3394885.3431559>
- 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. <https://doi.org/10.1002/cta.3300>
- 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225325>
- 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. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.118336>
- McCluskey, E. J. (1956). Minimization of Boolean Functions. *Bell System Technical Journal*, 35 (6), 1417–1444. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1956.tb03835.x>
- Zakrevskiy, A. D. (1981). *Logicheskii sintez kaskadnyh shem*. Moscow: Nauka, 416.
- 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206308>
21. Rytsar, B. E. (1997). Metod minimizatsii bulevykh funktsiy. Problemy upravleniya i informatiki, 2, 100–113.
 22. Rytsar, B. (1997). Minimization method of Boolean functions. SPIE Proceedings. <https://doi.org/10.1117/12.284818>
 23. Rytsar, B. Ye. (2005). Sposib pobudovy koniunktermovoho polia bulovoi funktsiyi. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika», 534, 21–24. Available at: <http://surl.li/siygp>
 24. Minimizatsiya bulevykh funktsiy v klasse DNF. Available at: <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/logic.pdf>
 25. Kapuro, P. A. (2014). Tsifrovye funktsional'nye ustroystva v telekommunikatsiyah. Ch. 1: Bazovye tsifrovye funktsional'nye ustroystva. Minsk: BGUIR, 64. Available at: <http://surl.li/siygv>
 26. Rytsar, B. Ye. (2015). The Minimization Method of Boolean Functions in Polynomial Set-theoretical Format. Conference: Proc. 24th Inter. Workshop, CS@P'2015. Vol. 2. Rzeszow, 130–146. Available at: https://www.researchgate.net/publication/298158364_The_Minimization_Method_of_Boolean_Functions_in_Polynomial_Set-theoretical_Format
 27. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239149>
 28. Zakrevskiy, A. D., Pottosin, Yu. V., Cheremisinova, L. D. (2007). Logicheskie osnovy proektirovaniya diskretnykh ustroystv. Moscow: FIZMATLIT, 592.
 29. Rytsar, B. Ye., Belovolov, A. O. (2021). A New Method of the Logical Functions Minimization in the Polynomial Set-Theoretical Format. «Handshaking» Procedure. Control Systems and Computers, 1 (291), 03–14. <https://doi.org/10.15407/csc.2021.01.003>
 30. Rytsar, B. Ye. (2004). Teoretyko-mnozhyhnyi optymizatsiyni metody lohikovoho syntezu kombinatsiynykh merezh. Lviv, 33. Available at: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000263283>
 31. Metod Kvayna – Mak-Klaski nahozhdeniya sokrashchennoy DNF dvoichnoy funktsii. Available at: <https://ematica.xyz/metodichki-i-knigi-po-matematike/kurs-lektcii-po-matematicheskoi-logike-i-teorii-algoritmiv-aliev/6-1-metod-kvaina-mak-klaski-nakhozheniia-sokrashchennoi-dnf-dvoichnoi-funktsii>
 32. Kupriyanova, D. V., Luk'yanova, I. V., Lutsik, Yu. A. (2021). Arifmeticheskie i logicheskie osnovy vychislitel'noy tehniky. Minsk: BGUIR, 72.
 33. Chong, K. H., Aris, I. B., Sinan, M. A., Hamiruce, B. M. (2007). Digital Circuit Structure Design via Evolutionary Algorithm Method. Journal of Applied Sciences, 7 (3), 380–385. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.380.385>
 34. Coello Coello, C. A., Aguirre, A. H. (2002). Design of combinational logic circuits through an evolutionary multiobjective optimization approach. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 16 (1), 39–53. <https://doi.org/10.1017/s0890060401020054>
 35. Coello Coello, C. A., Hernandez Luna, E., Hernandez Aguirre, A. (2004). A comparative study of encodings to design combinational logic circuits using particle swarm optimization. Proceedings. 2004 NASA/DoD Conference on Evolvable Hardware, 2004. <https://doi.org/10.1109/eh.2004.1310811>
 36. Sysoienko, A. A., Sysoienko, S. V. (2023). Method for minimization of boolean functions with a large number of variables based on directed enumeration. Bulletin of Cherkasy State Technological University, 1, 42–51. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.1.2023.274914>
 37. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220094>
 38. Riznyk, V. V., Solomko, M. T. (2017). Combinatorial method of minimizing boolean functions. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». Serie: Kompiuterni systemy ta merezhi, 881, 135–151. <https://doi.org/10.23939/csn2017.881.135>
 39. Riznyk, V., Solomko, M. (2017). Minimization of Boolean functions by combinatorial method. Technology Audit and Production Reserves, 4 (2(36)), 49–64. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108532>
 40. Riznyk, V., Solomko, M. (2018). Research of 5-bit boolean functions minimization protocols by combinatorial method. Technology Audit and Production Reserves, 4 (2 (42)), 41–52. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140351>
 41. Markham Brown, F. (2010). McColl and Minimization. History and Philosophy of Logic, 31 (4), 337–348. <https://doi.org/10.1080/01445340.2010.517387>
 42. Quine, W. V. (1952). The Problem of Simplifying Truth Functions. The American Mathematical Monthly, 59 (8), 521–531. <https://doi.org/10.1080/00029890.1952.11988183>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304471
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MANAGING
TECHNICAL SYSTEMS USING A BIO-INSPIRED
ALGORITHM (p. 35–43)

Oleg Sova

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

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 Yefymenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0628-7893>

Nataliia Lytvynenko

Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2203-2746>

Ganna Plekhova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6912-6520>

Andrii Shatrov

State Scientific-Research Institute of Aviation, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Yevheniy Chemerys

State Scientific-Research Institute of Aviation, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4918-3445>

Oleksii Dovbenko

Scientific-Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5024-0563>

Maksym Stoichev

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7423-2384>

Today's management solutions depend precisely on the successful solution of optimization problems, which are discontinuous, undifferentiated and multimodal. One of the approaches to increase the efficiency of solving optimization problems is bio-inspired algorithms. The object of the study is complex dynamic objects. The subject of the study is the decision-making process in the problems of managing complex dynamic objects. A management method using a bio-inspired algorithm is proposed. The research is based on the goose algorithm – for finding a solution to the state of dynamic objects with a hierarchical structure. Evolving artificial neural networks are used to train goose agents (GA) and an advanced genetic algorithm is used to select the best ones in the combined swarm algorithm.

The originality of the proposed method lies in setting GA taking into account the uncertainty of the initial data, improved global and local search procedures. Also, the originality of the study lies in determining GA food locations, which allows choosing the priority of search in a given direction. The next element in the originality of the study is the ability to determine the indicators of guard GA, which allows adjusting the amount of time during which the GA flock will be located. Another original element of the study is the determination of the initial velocity of each GA. This makes it possible to optimize the speed of conducting exploration by each GA in a certain research direction. The method allows increasing the efficiency of data processing at the level of 10–12 % by using additional improved procedures. The proposed method should be used to solve problems of evaluating complex dynamic objects.

Keywords: deep learning, complex processes, genetic algorithm, complex and dynamic objects.

References

- 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
- Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
- Sova, O., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskiy, 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>
- 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>
- 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>
- 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/ijatcse/2020/206942020>
- Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
- Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellektual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsa: «UNIVERSUM», 320.
- Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
- Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
- Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
- Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
- Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
- Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
- Gödrli, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
- Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
- Koval, M., Sova, O., Shyshatskiy, A., Artabaiev, Y., Garashchuk, N., Yivzhenko, Y. et al. (2022). Improving the method for increasing the efficiency of decision-making based on bio-inspired algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (120)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268621>
- Maccarone, A. D., Brzorad, J. N., Stone, H. M. (2008). Characteristics and Energetics of Great Egret and Snowy Egret Foraging Flights. *Waterbirds*, 31 (4), 541–549. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-314.541>
- Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskiy, 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>
- Mahdi, Q. A., Shyshatskiy, 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>
- 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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
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. Meleshko, Y., Driev, O., Drieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
 25. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
 26. 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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
 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., Shknai, 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: 10.15587/1729-4061.2024.304131
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE STATE OF DYNAMIC OBJECTS USING A COMBINED SWARM ALGORITHM (p. 44–54)

Andrii Shyshatskyi

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Oksana Dmytriieva

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9314-350X>

Oleksandr Lytvynenko

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

Ihor Borysov

Scientific-Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2276-9913>

Yuliia Vakulenko

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

Temerbay Mukashev

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0983-571X>

Oleksandr Mordovtsev

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1653-5440>

Svitlana Kashkevich

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4448-3839>

Anna Lyashenko

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-8663>

Vira Velychko

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9654-4560>

The object of the study is complex dynamic objects. The subject of the study is the decision-making process in the problems of managing complex dynamic objects. A method of assessing the state of dynamic objects using a combined swarm algorithm is proposed. The research is based on a combined swarm algorithm – for finding a solution to the state of dynamic objects with a hierarchical structure. To train the individuals of the combined swarm algorithm (CSA), evolving artificial neural networks are used, and to select the best in the combined swarm algorithm, an improved genetic algorithm is used. The originality of the method is:

- in taking into account the type of uncertainty and noise of data during the operation of the combined swarm algorithm due to the use of appropriate correction factors;
- in the implementation of adaptive strategies for the search for food sources due to setting appropriate search priorities;
- in taking into account the presence of a predator while choosing food sources by the flock agents of the combined swarm algorithm, which allows excluding unwanted search areas;
- in the additional consideration of the available computing resources of the state analysis system of complex dynamic objects while determining the maximum permissible parameters of the combined swarm algorithm;
- in the possibility of changing the search area and speed of movement by separate individuals of the flock of the combined swarm algorithm;
- in determining the best individuals of the flock of the combined swarm algorithm using an improved genetic algorithm;
- in training knowledge bases, carried out by training the synaptic weights of the artificial neural network, the type and parameters of the membership function, the architecture of individual elements and the architecture of the artificial neural network as a whole.

The method makes it possible to increase the efficiency of data processing at the level of 14–20 % by using additional improved procedures. The proposed method should be used to solve problems of evaluating complex dynamic objects.

Keywords: efficiency of decision-making, hierarchical structures, complex and dynamic objects, optimization.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb

- Zbroinykh Syl. Ozbroyennia 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., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskiy, 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. Zuiiev, 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/ijatcse/2020/206942020>
 7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
 8. Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellectual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsa: «UNIVERSUM», 320.
 9. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
 10. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
 11. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
 12. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
 13. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
 14. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
 15. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., 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., Shyshatskiy, 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/10.1675/1524-4695-314.541>
 20. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskiy, 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., Shyshatskiy, 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. 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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
 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. 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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
 25. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
 26. Shyshatskiy, 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. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
 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 con-

ditions 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: 10.15587/1729-4061.2024.305363
DEVELOPMENT OF AN EVALUATION METHOD
USING A COMBINED CAT SWARM OPTIMIZATION
ALGORITHM (p. 55–63)

Aqeel Bahr Tarkhan

Al-Taff University College, Karrada str., 3, Karbala, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7478-6662>

Heorhii Kuchuk

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

Iraida Stanovska

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

Vira Golian

Kharkiv National University
 of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-4760>

Nataliia Golian

Kharkiv National University
 of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1390-3116>

Oksana Zharova

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0106-1716>

Yevhen Kryzhanivskyi

State Enterprise «State Kyiv
 Design Bureau «LUCH», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5868-3471>

Andrii Liubarets

State Enterprise «State Kyiv
 Design Bureau «LUCH», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-3745>

Igor Zvershkhovskiy

State Enterprise «State Kyiv
 Design Bureau «LUCH», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5262-5382>

Artem Fysiuk

Military Institute of Telecommunications and Information
 Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8998-9956>

The object of the study is complex dynamic objects with a hierarchical structure. The problem solved in the study is to increase the efficiency of decision-making while ensuring the given reliability. The subject of the study is the process of decision-making in management problems using an improved cat swarm optimization algorithm (CSO), an improved genetic algorithm and evolving artificial neural networks.

The proposed method, due to additional and improved procedures, allows you:

– to take into account the type of uncertainty of the initial data for setting CA for the local search procedure;

– to implement adaptive strategies for finding food sources by CA;
 – to take into account the experience of the most authoritative CA while conducting local and global search;

– to take into account the available computing resources of the state analysis system of complex dynamic objects and determine their required amount for involvement;

– to take into account the CA search priority;
 – to determine the best CA using an improved genetic algorithm;
 – to conduct training of knowledge bases, which is carried out by training the synaptic weights of the artificial neural network, the type and parameters of the membership function, and architecture of individual elements and the architecture of the artificial neural network as a whole;

– to avoid the local extremum problem by using the jump procedure.

The proposed method was tested on the example of solving the problem of determining the composition of an operational group of troops (forces) and elements of its operational structure. An example of using the method showed an increase in the efficiency of data processing at the level of 14–19% by using additional improved procedures.

The proposed approach should be used to solve the problems of evaluating complex and dynamic processes characterized by a high degree of complexity.

Keywords: mentor cats, combined approach, genetic algorithm, global and local optimization.

References

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskyi, A. V. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroienna 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., Shyshatskyi, 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., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 78–89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
5. Zuiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (106)), 14–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
6. Shyshatskyi, A. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5583–5590. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>
7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05

8. Shyshatskyi, 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., Shknai, 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: 10.15587/1729-4061.2024.305826

РОЗРОБКА НЕСТАНДАРТНОЇ СИСТЕМИ СПРОЩЕННЯ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ (с. 6–34)**М. Т. Соломко**

Об'єктом дослідження є моделі малопотужних цифрових логічних схем. Проблема, що вирішувалася, полягає в ефективності способу спрощення булевих функцій для отримання оптимальних структур логічних схем. Сформульовано нову теорему нестандартної системи спрощення булевих функцій, згідно з якою для отримання мінімальної функції достатньо провести всі ненадлишкові операції простого та/або супер-склеювання змінних, що у підсумку забезпечує мінімальну функцію в основному базисі без застосування імплікантної таблиці. Таким чином, проблема спрощення булевих функцій до найпростішого нормального еквіваленту розв'язується за один крок. Інтерпретація результату полягає у тому, що властивості комбінаторних систем $2-(n, b)$ -design дають змогу відтворювати визначення логічних операцій супер-склеювання змінних, по-іншому представляти логічні операції і навпаки. Це, своєю чергою, забезпечує встановлення на бінарній структурі таблиці істинності локацій рівносильних перетворень та імплікування систематизованої процедури спрощення булевих функцій аналітичним методом. Особливість отриманих результатів полягає у тому, що однозначне виявлення локацій рівносильних перетворень можливе і тоді, коли різні інтервали булевого простору, що утримують системи $2-(n, b)$ -design, мають спільні блоки, перетин.

Експериментально підтверджено, що нестандартна система підвищує ефективність спрощення булевих функцій, у тому числі і частково визначених, порівняно з аналогами на 200–300 %.

У прикладному відношенні нестандартна система спрощення булевих функцій забезпечить трансферт нововведень у матеріальне виробництво: від проведення фундаментальних досліджень, розширення можливостей технології проєктування цифрових компонентів до організації серійного чи масового виробництва новинок.

Ключові слова: спрощення булевих функцій, нестандартна система, інтервали булевого простору, локація рівносильних перетворень.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304471

РОЗРОБКА МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОІНСПІРОВАНОГО АЛГОРИТМУ (с. 35–43)**О. Я. Сова, І. А. Дмитрієв, Н. Г. Кучук, О. В. Єфименко, Н. І. Литвиненко, Г. А. Плехова, А. М. Шатров, Є. І. Чемерис, О. В. Довбенко, М. І. Стойчев**

Управлінські рішення сьогодення залежать саме від успішного вирішення оптимізаційних завдань, які є розривними, недиференційованими, а також мультимодальними. Одним з підходів до підвищення ефективності вирішення оптимізаційних завдань є біоінспіровані алгоритми. Об'єктом дослідження є складні динамічні об'єкти. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в завданнях управління складними динамічними об'єктами. Запропоновано метод управління з використанням біоінспірованого алгоритму. В основу дослідження покладений алгоритм зграї гусаків – для пошуку рішення щодо стану динамічних об'єктів з ієрархічною структурою. Для навчання агентів гусаків (АГ) використовуються штучні нейронні мережі, що еволюціонують, а для відбору найкращих в комбінованому ройовому алгоритмі використовується удосконалений генетичний алгоритм.

Оригінальність запропонованого методу полягає у розставленні АГ з урахуванням невизначеності вихідних даних, удосконаленнями процедурами глобального та локального пошуку. Також оригінальність дослідження полягає у визначенні місць харчування АГ, що дозволяє обрати пріоритетність пошуку в заданому напрямку. Наступним елементом оригінальності дослідження є можливість визначення показників АГ-охоронців, що дозволяє корегувати кількість часу, на якому буде знаходитися зграя АГ. Наступним елементом оригінальності дослідження є визначення початкової швидкості кожного АГ. Це дозволяє оптимізувати швидкість проведення досліджень кожним АГ у визначеному напрямку досліджень. Використання методу дозволяє досягти підвищення оперативності обробки даних на рівні 10–12 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур. Запропонований метод доцільно використовувати для вирішення задач оцінки складних динамічних об'єктів.

Ключові слова: глибоке навчання, складні процеси, генетичний алгоритм, складні та динамічні об'єкти.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304131

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО РОЙОВОГО АЛГОРИТМУ (с. 44–54)**А. В. Шишацький, О. І. Дмитрієва, О. І. Литвиненко, І. В. Борисов, Ю. В. Вакуленко, Temerbay Mukashev, О. С. Мордовцев, С. О. Кашкевич, Г. Т. Ляшенко, В. П. Величко**

Об'єктом дослідження є складні динамічні об'єкти. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в завданнях управління складними динамічними об'єктами. Запропоновано метод оцінки стану динамічних об'єктів з використанням комбінованого ройового алгоритму. В основу дослідження покладений комбінований ройовий алгоритм – для пошуку рішення щодо стану динамічних об'єктів з ієрархічною структурою. Для навчання особин комбінованого ройового алгоритму (КРА) використовуються штучні нейронні мережі, що еволюціонують, а для відбору найкращих в комбінованому ройовому алгоритмі використовується удосконалений генетичний алгоритм. Оригінальність методу полягає:

- у врахуванні типу невизначеності та зашумленості даних при роботі комбінованого ройового алгоритму за рахунок використання відповідних корегувальних коефіцієнтів;
- у реалізації адаптивних стратегій пошуку джерел харчування за рахунок виставлення відповідних пріоритетів пошуку;

– у врахуванні присутності хижака при виборі джерел харчування агентами зграї комбінованого ройового алгоритму, що дозволяє виключити небажані ділянки пошуку;

– у додатковому врахуванні наявних обчислювальних ресурсів системи аналізу стану складних динамічних об'єктів при визначенні максимально допустимих параметрів комбінованого ройового алгоритму;

– у можливості зміни площі пошуку та швидкості руху окремими особинами зграї комбінованого ройового алгоритму;

– у визначенні найкращих особин зграї комбінованого ройового алгоритму за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму;

– у навчанні баз знань, що здійснюється шляхом навчання синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому.

Використання методу дозволяє досягти підвищення оперативності обробки даних на рівні 14–20 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур. Запропонований метод доцільно використовувати для вирішення задач оцінки складних динамічних об'єктів.

Ключові слова: оперативність прийняття рішень, ієрархічні структури, складні та динамічні об'єкти, оптимізація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305363

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОГО АЛГОРИТМУ КОТЯЧОЇ ЗГРАЇ (с. 55–63)

Aqeel Bahr Tarkhan, Г. А. Кучук, І. І. Становська, В. В. Голян, Н. В. Голян, О. В. Жарова, Є. С. Крижанівський, А. А. Любарець, І. В. Звершховський, А. О. Фисюк

Об'єктом дослідження є складні динамічні об'єкти з ієрархічною структурою побудови. Проблема, що вирішувалася в дослідженні, – підвищення оперативності прийняття рішень при забезпеченні заданої достовірності. Предметом дослідження є процес прийняття рішення в завданнях управління за допомогою удосконаленого алгоритму котячої зграї (АКЗ), удосконаленого генетичного алгоритму та штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Запропонований метод завдяки додатковим та удосконаленим процедурам дозволяє:

– врахувати тип невизначеності початкових даних для виставлення АК для процедури локального пошуку;

– реалізувати адаптивні стратегії пошуку джерел АК;

– врахувати досвід найбільш авторитетних АК при проведенні локального та глобального пошуку;

– врахувати наявні обчислювальні ресурси системи аналізу стану складних динамічних об'єктів, та визначити їх необхідну до залучення кількість;

– врахувати пріоритетність пошуку АК;

– провести визначення найкращих АК за допомогою удосконаленого генетичного алгоритму;

– провести навчання баз знань, що здійснюється шляхом навчання синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому;

– уникнути проблеми локального екстремуму за рахунок використання процедури стрибка.

Проведена апробація запропонованого методу на прикладі вирішення завдання визначення складу оперативного угруповання військ (сил) та елементів його оперативної побудови. Приклад використання методу показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 14–19 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

Запропонований підхід доцільно використовувати для вирішення завдань оцінки складних та динамічних процесів, що характеризуються високим ступенем складності.

Ключові слова: коти наставники, комбінований підхід, генетичний алгоритм, глобальна та локальна оптимізація.