

ABSTRACT AND REFERENCES

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211793

DEVELOPMENT OF AN EXACT METHOD FOR ZERO-ONE LINEAR PROGRAMMING MODEL (p. 6–10)

Elias Munapo

North West University, Mafikeng, South Africa

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6279-3729>

The paper presents a new method for solving the 0–1 linear programming problems (LPs). The general 0–1 LPs are believed to be NP-hard and a consistent, efficient general-purpose algorithm for these models has not been found so far. Cutting planes and branch and bound approaches were the earliest exact methods for the 0–1 LP. Unfortunately, these methods on their own failed to solve the 0–1 LP model consistently and efficiently. The hybrids that are a combination of heuristics, cuts, branch and bound and pricing have been used successfully for some 0–1 models. The main challenge with these hybrids is that these hybrids cannot completely eliminate the threat of combinatorial explosion for very large practical 0–1 LPs. In this paper, a technique to reduce the complexity of 0–1 LPs is proposed. The given problem is used to generate a simpler version of the problem, which is then solved in stages in such a way that the solution obtained is tested for feasibility and improved at every stage until an optimal solution is found. The new problem generated has a coefficient matrix of 0 s and 1 s only. From this study, it can be concluded that for every 0–1 LP with a feasible optimal solution, there exists another 0–1 LP (called a double in this paper) with exactly the same optimal solution but different constraints. The constraints of the double are made up of only 0 s and 1 s. It is not easy to determine this double 0–1 LP by mere inspection but can be obtained in stages as given in the numerical illustration presented in this paper. The 0–1 integer programming models have applications in so many areas of business. These include large economic/financial models, marketing strategy models, production scheduling and labor force planning models, computer design and networking models, military operations, agriculture, wild fire fighting, vehicle routing and health care and medical models.

Keywords: 0–1 LP, unimodular, clique inequalities, feasible test, variable sum, double.

References

- Land, A. H., Doig, A. G. (1960). An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems. *Econometrica*, 28 (3), 497. doi: <https://doi.org/10.2307/1910129>
- Dakin, R. J. (1965). A tree-search algorithm for mixed integer programming problems. *The Computer Journal*, 8 (3), 250–255. doi: <https://doi.org/10.1093/comjnl/8.3.250>
- Al-Rabeeh, M., Munapo, E., Al-Hasani, A., Kumar, S., Eberhard, A. (2019). Computational Enhancement in the Application of the Branch and Bound Method for Linear Integer Programs and Related Models. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 4 (5), 1140–1153. doi: <https://doi.org/10.33889/ijmems.2019.4.5-090>
- Djeumou Fomeni, F., Kaparis, K., Letchford, A. N. (2020). A cut-and-branch algorithm for the Quadratic Knapsack Problem. *Discrete Optimization*, 100579. doi: <https://doi.org/10.1016/j.disopt.2020.100579>
- Brunetta, L., Conforti, M., Rinaldi, G. (1997). A branch-and-cut algorithm for the equitable problem. *Mathematical Programming*, 78 (2), 243–263. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02614373>
- Mitchell, J. E. (2001). Branch and cut algorithms for integer programming. *Encyclopedia of Optimization*. Kluwer Academic Publishers.
- Padberg, M., Rinaldi, G. (1991). A Branch-and-Cut Algorithm for the Resolution of Large-Scale Symmetric Traveling Salesman Problems. *SIAM Review*, 33 (1), 60–100. doi: <https://doi.org/10.1137/1033004>
- Barnhart, C., Johnson, E. L., Nemhauser, G. L., Savelsbergh, M. W. P., Vance, P. H. (1998). Branch-and-Price: Column Generation for Solving Huge Integer Programs. *Operations Research*, 46 (3), 316–329. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.46.3.316>
- Savelsbergh, M. (1997). A Branch-and-Price Algorithm for the Generalized Assignment Problem. *Operations Research*, 45 (6), 831–841. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.45.6.831>
- Barnhart, C., Hane, C. A., Vance, P. H. (2000). Using Branch-and-Price-and-Cut to Solve Origin-Destination Integer Multicommodity Flow Problems. *Operations Research*, 48 (2), 318–326. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.48.2.318.12378>
- Fukasawa, R., Longo, H., Lygaard, J., Aragão, M. P. de, Reis, M., Uchoa, E., Werneck, R. F. (2005). Robust Branch-and-Cut-and-Price for the Capacitated Vehicle Routing Problem. *Mathematical Programming*, 106 (3), 491–511. doi: <https://doi.org/10.1007/s10107-005-0644-x>
- Ladányi, L., Ralphs, T. K., Trotter, L. E. (2001). Branch, Cut, and Price: Sequential and Parallel. *Computational Combinatorial Optimization*, 223–260. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-45586-8_6
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction*. Pearson Educators.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research Applications and Algorithms*. Duxbury Press.
- Arbib, C., Pinar, M. Ç., Rossi, F., Tessitore, A. (2020). Codon optimization by 0-1 linear programming. *Computers & Operations Research*, 119, 104932. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104932>
- Han, B., Li, Y., Geng, S. (2017). 0–1 Linear programming methods for optimal normal and pseudo parameter reductions of soft sets. *Applied Soft Computing*, 54, 467–484. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.08.052>
- Kodama, A., Nishi, T. (2017). Petri net representation and reachability analysis of 0–1 integer linear programming problems. *Information Sciences*, 400-401, 157–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.03.014>
- Demiröz, B. E., Altınel, İ. K., Akarun, L. (2019). Rectangle blanket problem: Binary integer linear programming formulation and solution algorithms. *European Journal of Operational Research*, 277 (1), 62–83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.02.004>
- Bakhshi-Jafarabadi, R., Sadeh, J., Soheili, A. (2019). Global optimum economic designing of grid-connected photovoltaic systems with multiple inverters using binary linear programming. *Solar Energy*, 183, 842–850. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.019>
- Commerer, F. G. (1973). A sufficient condition for a matrix to be totally unimodular. *Networks*, 3 (4), 351–365. doi: <https://doi.org/10.1002/net.3230030406>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214718

DEVELOPMENT OF MODERN MODELS AND METHODS OF THE THEORY OF STATISTICAL HYPOTHESIS TESTING (p. 11–18)

Lev Raskin

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

Oksana Sira

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

Typical problems of the theory of statistical hypothesis testing are considered. All these problems belong to the same object area and are formulated in a single system of axioms and assumptions using a common linguistic thesaurus. However, different approaches are used to solve each of these problems and a unique solution method is developed. In this regard, the work proposes a unified methodological approach for formulating and solving these problems. The mathematical basis of the approach is the theory of continuous linear programming (CLP), which generalizes the known mathematical apparatus of linear programming for the continuous case. The mathematical apparatus of CLP allows passing from a two-point description of the solution of the problem in the form $\{0; 1\}$ to a continuous one on the segment $[0; 1]$. Theorems justifying the solution of problems in terms of CLP are proved. The problems of testing a simple hypothesis against several equivalent or unequal alternatives are considered. To solve all these problems, a continuous function is introduced that specifies a randomized decision rule leading to continuous linear programming models. As a result, it becomes possible to expand the range of analytically solved problems of the theory of statistical hypothesis testing. In particular, the problem of making a decision based on the maximum power criterion with a fixed type I error probability, with a constraint on the average risk, the problem of testing a simple hypothesis against several alternatives for given type II error probabilities. The method for solving problems of statistical hypothesis testing for the case when more than one observed controlled parameter is used to identify the state is proposed.

Keywords: statistical hypothesis testing, uniform method for solving problems, universal randomized criteria.

References

- Kramer, G. (1975). *Matematicheskie metody statistiki*. Moscow: Mir, 648.
- Zaks, Sh. (1975). *Teoriya statisticheskikh vyvodov*. Moscow: Mir, 776.
- Leman, E. (1979). *Proverka statisticheskikh gipotez*. Moscow: Nauka, 408.
- Rice, J. A. (2007). *Mathematical Statistics and Data Analysis*. Thomson Brooks/Cole, 9.3. Available at: https://portal.tpu.ru/SHARED/d/DIMMASSIKK/academics/Additional_chapters_of_mathematics/Rice%20J.A.%20Mathematical%20Statistics%20and%20Data%20Analysis.pdf
- Lehmann, E. L., Romano, J. P. (2005). *Testing Statistical Hypotheses*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/0-387-27605-x>
- Shvedov, A. S. (2016). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Moscow: Vysshaya shkola ekonomiki, 286.
- Grauer, L. V., Arhipova, O. A. (2014). *Proverka statisticheskikh gipotez*. Sankt-Peterburg: CS center.
- Ashkenazy, V. O. (2004). *Optimal'nye statisticheskie resheniya*. Tver': TGU, 126.
- Moore, D., McCabe, G. (2003). *Introduction to the Practice of Statistics*. W.H. Freeman, 426.
- Natan, A. A., Gorbachev, O. G., Guz, S. A. (2005). *Matematicheskaya statistika*. Moscow: MZ PRESS – MFTI, 160.
- Young, G. A., Smith, R. L. (2005). *Essentials of statistical inference*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511755392>
- Kobzar', A. I. (2012). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLIT, 816.
- Kel'bert, M. Ya., Suhov, Yu. M. (2007). *Veroyatnost' i statistika v primerah i zadachah*. Vol. 1. *Osnovnye ponyatiya teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki*. Moscow: MTSNMO, 456.
- Hypothesis Testing. Introduction. Available at: <http://www.random-services.org/random/hypothesis/Introduction.html>
- Berger, J. O. (2003). Could Fisher, Jeffreys and Neyman Have Agreed on Testing? *Statistical Science*, 18 (1), 1–32. doi: <https://doi.org/10.1214/ss/1056397485>
- Raskin, L. G., Kirichenko, I. O., Seraya, O. V. (2014). *Prikladnoe kontinual'noe lineynoe programmirovaniye*. Kharkiv: Oberig, 292.
- Dantsig, Dzh. (1966). *Lineynoe programmirovaniye, ego obobshcheniya i primeneniya*. Moscow: Progress, 581.
- Yudin, D. B., Gol'shteyn, E. G. (1969). *Lineynoe programmirovaniye. Teoriya, metody i prilozheniya*. Moscow: Nauka, 424.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338–353. doi: [https://doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x)
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11 (5), 341–356. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01001956>
- Raskin, L., Sira, O. (2016). Fuzzy models of rough mathematics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (84)), 53–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86739>
- 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214899

IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF IMAGE TRANSFORMATIONS FOR MINIMIZING THE SHEFFER FUNCTIONS (p. 19–34)

Mykhailo Solomko

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

Nataliia Khomiuk

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3277-8840>

Yakiv Ivashchuk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4899-9303>

Vitalii Nazaruk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3705-5155>

Viktoriia Reinska

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3969-2054>

Liudmyla Zubyk

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2087-5379>

Anzhela Popova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4013-5244>

The studies have established the possibility of reducing computational complexity, higher productivity of minimization of the Boolean functions in the class of expanded normal forms of the Sheffer algebra functions by the method of image transformations.

Expansion of the method of image transformations to the minimization of functions of the Sheffer algebra makes it possible to identify new algebraic rules of logical transformations. Simplification of the Sheffer functions on binary structures of the $2-(n, b)$ -designs features exceptional situations. They are used both when deriving the result of simplification of functions from a binary matrix and introducing the Sheffer function to the matrix.

It was shown that the expanded normal form of the n -digit Sheffer function can be represented by binary sets or a matrix. Logical

operations with the matrix structure provide the result of simplification of the Sheffer functions. This makes it possible to concentrate the principle of minimization within the truth table of a given function and do without auxiliary objects, such as Karnaugh map, Weich diagrams, coverage tables, etc.

Compared with the analogs of minimizing the Sheffer algebra functions, the method under the study makes the following to be possible:

- reduce algorithmic complexity of minimizing expanded normal forms of the Sheffer functions (ENSF-1 and ENSF-2);
- increase the productivity of minimizing the Sheffer algebra functions by 100–150 %;
- demonstrate clarity of the process of minimizing the ENSF-1 or ENSF-2;
- ensure self-sufficiency of the method of image transformations to minimize the Sheffer algebra functions by introducing the tag of minimum function and minimization in the complete truth table of the ENSF-1 and ENSF-2.

There are reasons to assert that application of the method of image transformations to the minimization of the Sheffer algebra functions brings the problem of minimization of the ENSF-1 and ENSF-2 to the level of a well-studied problem in the class of disjunctive-conjunctive normal forms (DCNF) of Boolean functions.

Keywords: method of image transformations, minimization of the Sheffer functions, Sheffer stroke, Sheffer term, ENSF-1, ENSF-2.

References

1. Pucknell, D. A. (1990). *Fundamentals of Digital Logic Design: With VLSI Circuit applications*. Prentice Hall, 486.
2. Mano, M. M., Kime, C. (2003). *Logic and Computer Design Fundamentals*. Prentice Hall, 650.
3. Baranov, S. (2008). *Logic and System Design of Digital Systems*. Tallinn: TUT Press.
4. De Micheli, G. (1994). *Synthesis and Optimization of Digital Circuits*. McGraw-Hill, 597.
5. Zakrevskij, A., Pottosin, Yu., Cheremisinova, L. (2009). *Optimization in Boolean Space*. Tallinn: TUT Press. Available at: http://www.ester.ee/record=b2461762*est
6. Luba, T. (2000). *Synteza układ'ow logicznych*. Warszawa: WSISiZ.
7. Rawski, M., Luba, T., Jachna, Z., Tomaszewicz, P. (2005). The Influence of Functional Decomposition on Modern Digital Design Process. *Design of Embedded Control Systems*, 193–204. doi: https://doi.org/10.1007/0-387-28327-7_17
8. Bibilo, N. (2009). *Decomposition of Boolean Functions by Means of Solving Logical Equations*. Minsk: Belaruskaya Navuka.
9. Borowik, G., Labiak, G., Bukowiec, A. (2015). FSM-Based Logic Controller Synthesis in Programmable Devices with Embedded Memory Blocks. *Topics in Intelligent Engineering and Informatics*, 123–151. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12652-4_8
10. 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>
11. Baranov, S., Karatkevich, A. (2018). On Transformation of a Logical Circuit to a Circuit with NAND and NOR Gates Only. *INTL JOURNAL OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS*, 64 (3), 373–378. doi: <http://doi.org/10.24425/123535>
12. Maxfield, M. (2018). *Implementing Logic Functions Using Only NAND or NOR Gates*. Available at: <https://www.eeweb.com/implementing-logic-functions-using-only-nand-or-nor-gates/>
13. An algorithm to implement a boolean function using only NAND's or only NOR's. Available at: https://cnx.org/contents/vJcXn_C0@4.9:vLMEHoQ0@6/An-algorithm-to-implement-a-boolean-function-using-only-NAND-s-or-only-NOR-s
14. Kana, A. F. (2008). Implementing logical circuit using NAND and NOR gate only. *Digital Logic Design*, 47–54. Available at: <http://american.cs.ucdavis.edu/academic/ecs154a.sum14/postscript/cosc205.pdf>
15. Shaikh, E. haq, Rangaswamy, N. (2017). Realization of all-optical NAND and NOR logic functions with photonic crystal based NOT, OR and AND gates using De Morgan's theorem. *Journal of Optics*, 47 (1), 8–21. doi: <https://doi.org/10.1007/s12596-017-0441-y>
16. Rajaei, A., Houshmand, M., Rouhani, M. (2011). Optimization of Combinational Logic Circuits Using NAND Gates and Genetic Programming. *Soft Computing in Industrial Applications*, 405–414. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-20505-7_36
17. Macia, J., Sole, R. (2014). How to Make a Synthetic Multicellular Computer. *PLoS ONE*, 9 (2), e81248. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081248>
18. Dychka, I. A., Tarasenko, V. P., Onai, M. V. (2019). *Osnovy prykladnoi teoriiy tsyfrovoykh avtomativ*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 508.
19. 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>
20. 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>
21. Havrylenko, S. Yu., Klymenko, A. M., Noskov, V. I. (2014). *Lohika dyskretnykh avtomativ*. Kharkiv, 129. Available at: http://web.kpi.kharkov.ua/otp/wp-content/uploads/sites/152/2016/05/Kompyuterna_logika_2sem_praktikum.pdf
22. Riznyk, V., Solomko, M. (2017). Minimization of Boolean functions by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (36)), 49–64. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108532>
23. Rytsar, B. Ye. (2015). New minimization method of logical functions in polynomial set-theoretical format. 1. Generalized rules of conjunctive terms simplification. *Upravlyayushchie sistemy i mashyny*, 2, 39–57.
24. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140351>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211399
DEVELOPMENT OF AN IMPROVED METHOD FOR FINDING A SOLUTION FOR NEURO-FUZZY EXPERT SYSTEMS (p. 35–44)

Olha Salnikova

Ivan Chernyakhovsky National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7190-6091>

Olga Cherviakova

East European Slavic University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4368-5324>

Oleg Sova

Military Institute of Telecommunication and Information Technologies named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

Ruslan Zhyvotovskiy

Central Scientifically-Research Institute of Arming and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2717-0603>

Serhii Petruk

Central Scientifically-Research Institute of Arming and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0709-0032>

Taras Hurskyi

Military Institute of Telecommunication and Information Technologies named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7646-853x>

Andrii Shyshatskyi

Central Scientifically-Research Institute of Arming and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Andrey Nos

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0487-1992>

Yevhenii Neroznak

Military Institute of Telecommunication and Information Technologies named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6641-5473>

Ihor Proshchyn

Ivan Chernyakhovsky National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6686-5603>

Nowadays, artificial intelligence has entered into all spheres of human activity. However, there are some problems in the analysis of objects, for example, there is a priori uncertainty about the state of objects and the analysis takes place in a difficult situation against the background of intentional (natural) interference and uncertainty. The best solution in this situation is to integrate with the data analysis of information systems and artificial neural networks. This paper develops an improved method for finding solutions for neuro-fuzzy expert systems. The proposed method allows increasing the efficiency and reliability of making decisions about the state of the object. Increased efficiency is achieved through the use of evolving neuro-fuzzy artificial neural networks, as well as an improved procedure for their training. Training of evolving neuro-fuzzy artificial neural networks is due to learning their architecture, synaptic weights, type and parameters of the membership function, as well as the application of the procedure of reducing the dimensionality of the feature space. The analysis of objects also takes into account the degree of uncertainty about their condition. In the proposed method, when searching for a solution, the same conditions are calculated once, which speeds up the rule revision cycle and instead of the same conditions of the rules, references to them are used. This reduces the computational complexity of decision-making and does not accumulate errors in the training of artificial neural networks as a result of processing the information coming to the input of artificial neural networks. The use of the proposed method was tested on the example of assessing the state of the radio-electronic environment. This example showed an increase in the efficiency of assessment at the level of 20–25 % by the efficiency of information processing.

Keywords: artificial intelligence, radio-electronic environment, intelligent systems, decision support systems.

References

1. Bashkirov, O. M., Kostina, O. M., Shishats'kiy, A. V. (2015). Development of integrated communication systems and data transfer for the needs of the Armed Forces. *Weapons and military equipment*, 5 (1), 35–39.
2. Trotsenko, R. V., Bolotov, M. V. (2014). Data extraction process for heterogeneous sources. *Privolzhskiy nauchnyi vestnik*, 12-1 (40), 52–54.
3. Bodyanskiy, E., Strukov, V., Uzlov, D. (2017). Generalized metrics in the problem of analysis of multidimensional data with different scales. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl*, 3, 98–101.
4. Semenov, V. V., Lebedev, I. S. (2019). Processing of signal information in problems of monitoring information security of unmanned autonomous objects. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 19 (3), 492–498. doi: <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2019-19-3-492-498>
5. Zhou, S., Yin, Z., Wu, Z., Chen, Y., Zhao, N., Yang, Z. (2019). A robust modulation classification method using convolutional neural networks. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2019 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13634-019-0616-6>
6. Zhang, D., Ding, W., Zhang, B., Xie, C., Li, H., Liu, C., Han, J. (2018). Automatic Modulation Classification Based on Deep Learning for Unmanned Aerial Vehicles. *Sensors*, 18 (3), 924. doi: <https://doi.org/10.3390/s18030924>
7. Kalantaievska, S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shyshatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S. et. al. (2018). Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (95)), 60–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>
8. Belousov, S. M. (2006). Matematicheskaya model' mnogopotchnoy sistemy massovogo obsluzhivaniya, upravlyayemoy planirovshchikom resursov. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Informatsionnye tehnologii*, 4 (1), 14–26.
9. Kuchuk, N., Mohammed, A. S., Shyshatskyi, A., Nalapko, O. (2019). The method of improving the efficiency of routes selection in networks of connection with the possibility of self-organization. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8 (1.2), 1–6. Available at: <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse01812sl2019.pdf>
10. Gerami Seresht, N., Fayek, A. R. (2020). Neuro-fuzzy system dynamics technique for modeling construction systems. *Applied Soft Computing*, 93, 106400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106400>
11. Folorunso, O., Mustapha, O. A. (2015). A fuzzy expert system to Trust-Based Access Control in crowdsourcing environments. *Applied Computing and Informatics*, 11 (2), 116–129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.07.001>
12. Luy, M., Ates, V., Barisci, N., Polat, H., Cam, E. (2018). Short-Term Fuzzy Load Forecasting Model Using Genetic-Fuzzy and Ant Colony-Fuzzy Knowledge Base Optimization. *Applied Sciences*, 8 (6), 864. doi: <https://doi.org/10.3390/app8060864>
13. Salmi, K., Magrez, H., Ziyat, A. (2019). A Novel Expert Evaluation Methodology Based on Fuzzy Logic. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14 (11), 160. doi: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i11.10280>
14. Allaoua, B., Laoufi, A., Gasbaoui, B., Abderrahmani, A. (2009). Neuro-Fuzzy DC Motor Speed Control Using Particle Swarm Optimization. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 15, 1–18. Available at: http://lejpt.academicdirect.org/A15/001_018.pdf
15. Rybak, V. A., Shokr, A. (2016). Analysis and comparison of existing decision support technology. *System analysis and applied information science*, 3, 12–18.
16. Hassanzad, M., Orooji, A., Valinejadi, A., Velayati, A. (2017). A fuzzy rule-based expert system for diagnosing cystic fibrosis. *Electronic Physician*, 9 (12), 5974–5984. doi: <https://doi.org/10.19082/5974>
17. Shang, W., Gong, T., Chen, C., Hou, J., Zeng, P. (2019). Information Security Risk Assessment Method for Ship Control System Based on Fuzzy Sets and Attack Trees. *Security and Communication Networks*, 2019, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/3574675>
18. Safdari, R., Kadivar, M., Nazari, M., Mohammadi, M. (2017). Fuzzy Expert System to Diagnose Neonatal Peripherally Inserted Central Catheters Infection. *Health Information Management*, 13 (7), pp. 446–452.
19. Al-Qudah, Y., Hassan, M., Hassan, N. (2019). Fuzzy Parameterized Complex Multi-Fuzzy Soft Expert Set Theory and Its Application in Decision-Making. *Symmetry*, 11 (3), 358. doi: <https://doi.org/10.3390/sym11030358>
20. Mikhailov, I. S., Zaw, M. (2015). Finding solutions by the modified Rete algorithm for fuzzy expert systems. *Software & Systems*, 4, 142–147. doi: <https://doi.org/10.15827/0236-235X.112.142-147>

21. Mazhara, O. O. (2014). Comparison of TREAT and RETE pattern matching algorithms. *Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia*, 1 (24), 53–61.
22. Mazhara, O. A. (2015). Treat algorithm implementation by the basic match algorithm based on CLIPS programming environment. *Electronic Modeling*, 37 (5), 61–75.
23. 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>
24. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.215045
GENERALIZATION OF NUMERICAL QUASICONFORMAL MAPPING METHODS FOR GEOLOGICAL PROBLEMS (p. 45–54)

Andrii Bomba

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5528-4192>

Mykhailo Boichura

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9073-4037>

Bohdan Sydorhuk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6112-9535>

A method for identifying parameters of the conductivity coefficient of objects is generalized for the case of reconstructing an image of a part of a soil massif from the tomography data of the applied quasipotentials. In this case, without diminishing the generality, the reconstruction of the image is carried out in a fragment of a rectangular medium with local bursts of homogeneity present in it. The general idea of the corresponding algorithm consists in the sequential iterative solution of problems on quasiconformal mappings and identification of the parameters of the conductivity coefficient, with an insufficient amount of data on the values of the flow functions on the «inaccessible» part of the boundary. The image was reconstructed according to the data obtained using a full-range gradient array. The developed approach, in comparison with the existing ones, has a number of advantages that make it possible to increase the accuracy of identification of the conductivity coefficient. Namely, it provides an increase, in a qualitative sense, in the amount of input data, allows avoiding the use of Dirac delta functions when modeling areas of application of potentials and sufficiently flexibly take into account the mathematical aspects of the implementation of a quasiconformal mapping of a finite fragment of a half-plane onto a parametric polygon (domain of a complex quasipotential). The solution of the corresponding problem, in particular, occurs not in a single (fixed) investigated fragment of a rectangular soil massif, but in a number of smaller subdomains of the same shape, in the proposed optimal sequence. This saves machine time significantly. The prospects for further practical implementation of the proposed method follow from its ability to give an approximate result with relatively low costs (financial, time).

Keywords: electrical resistivity tomography, quasiconformal mappings, identification, inverse problems, numerical methods.

References

1. Holder, D. (Ed.) (2004). *Electrical Impedance Tomography. Methods, History and Applications*. CRC Press, 456. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420034462>
2. Loke, M. H. (2020). Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Available at: <https://www.geotomosoft.com/coursenotes.zip>
3. Pekker, Ya. S., Brazovskiy, K. S., Usov, V. Yu., Plotnikov, M. P., Umanskiy, O. S. (2004). *Elektroimpedansnaya tomografiya*. Tomsk: NTL, 192.
4. Kanli, A. I. (Ed.) (2019). *Applied Geophysics with Case Studies on Environmental, Exploration and Engineering Geophysics*. London: IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.78490>
5. Dahlin, T., Zhou, B. (2005). Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D resistivity imaging. *Near Surface Geophysics*, 4 (2), 113–123. doi: <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2005037>
6. Herwanger, J. V., Pain, C. C., Binley, A., de Oliveira, C. R. E., Worthington, M. H. (2004). Anisotropic resistivity tomography. *Geophysical Journal International*, 158 (2), 409–425. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2004.02314.x>
7. Pessel, M., Gibert, D. (2003). Multiscale electrical impedance tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108 (B1). doi: <https://doi.org/10.1029/2001jb000233>
8. Bomba, A. Ya., Kashtan, S. S., Pryhornytskyi, D. O., Yaroshchak, S. V. (2013). *Metody kompleksnoho analizu*. Rivne: Natsionalnyi universytet vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia, 430.
9. Bomba, A. Y., Kuzlo, M. T., Michuta, O. R., Boichura, M. V. (2019). On a method of image reconstruction of anisotropic media using applied quasipotential tomographic data. *Mathematical Modeling and Computing*, 6 (2), 211–219. doi: <https://doi.org/10.23939/mmc2019.02.211>
10. Bomba, A., Boichura, M. (2017). On a numerical quasiconformal mapping method for the medium parameters identification using applied quasipotential tomography. *Mathematical Modeling and Computing*, 4 (1), 10–20. doi: <https://doi.org/10.23939/mmc2017.01.010>
11. Aguiar e Oliveira Junior, H., Ingber, L., Petraglia, A., Rembold Petraglia, M., Augusta Soares Machado, M. (2012). *Stochastic Global Optimization and Its Applications with Fuzzy Adaptive Simulated Annealing*. Heidelberg: Springer-Verlag. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-27479-4>
12. Rymarczyk, T., Adamkiewicz, P. (2017). Monitoring damage and dampness in flood embankment by electrical impedance tomography. *Informatics Control Measurement in Economy and Environment Protection*, 7 (1), 59–62. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.4584>
13. Ulyanchuk-Martyniuk, O., Michuta, O., Ivanchuk, N. (2020). Biocolmation and the finite element modeling of its influence on changes in the head drop in a geobarrier. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 18–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210044>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214995
DEVELOPING THE MODEL OF RELIABILITY OF A COMPLEX TECHNICAL SYSTEM OF REPEATED USE WITH A COMPLEX OPERATING MODE (p. 55–65)

Boris Lanetskiï

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5889-0307>

Vadim Lukyanchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5695-7723>

Hennadii KhudovIvan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University, Kharkiv, Ukraine**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3311-2848>**Mikhail Fisun**Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University, Kharkiv, Ukraine**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6997-3677>**Oleksii Zvieriev**Central Scientific Research Institute of Armament and Military
Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2274-3115>**Ivan Terebuha**

Combat Unit A0800, Odessa, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4701-0623>

Solving the problems of setting requirements to the reliability of complex technical systems for various purposes presupposes their classification according to the features characterizing the purpose, modes of use, etc. According to the modes of use, systems are divided into objects of continuous long-term use, repeated cyclic use, and single-use. The objects of repeated cyclic use include the systems operating in cycles. Durations of the periods of work and pause in the cycle are considered deterministic values. Technological and/or technical maintenance is carried out in pauses between the operation periods.

In addition to the known classification, it was proposed to introduce a group of systems of repeated use with a complex operating mode. A complex mode is understood as a mode that includes waiting for a request of the system use and executing the request after it arrives at a random time.

An analytical model of reliability of such a system has been developed in the form of a ratio for a non-stationary total coefficient of operational readiness. This model describes the processes of the system functioning in the intervals of waiting and use. In this case, the duration of the intervals of waiting and/or execution of the request are random values.

Ratios for this indicator were obtained for three options of specifying the functions of distribution of durations of waiting in a turn-on condition and fulfilling the request for use.

The developed model makes it possible to set requirements for reliability and maintainability of the systems with a complex operating mode.

The results of modeling the dependences of the operational indicators of reliability on parameters of the functions of distribution of durations of waiting and executing the request were obtained for different distributions. Recommendations were formulated concerning the substantiation of the requirements to reliability and maintainability of the systems under consideration.

Keywords: intended use, non-stationary coefficient of operational readiness, complex technical system.

References

- Gnedenko, B. V., Belyaev, Yu. K., Solov'ev, A. D. (2017). *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti. Osnovnye harakteristiki nadezhnosti i ih statisticheskiy analiz*. Moscow: KD Librokom, 584.
- GOST 27.003-2016. Industrial product dependability. Contents and general rules for specifying dependability requirements. Moscow: Standartinform.
- Belyaev, Yu. K. et. al.; Ushakova, I. A. (Ed.) (1985). *Nadezhnost' tehnikeskikh sistem*. Moscow: Radio i svyaz', 608.
- Beichelt, F., Franken, P. (1984). *Zuverlässigkeit und Instandhaltung. Mathematische Methoden*. Berlin: Verlag Technik, 392.
- Kovtunenکو, A. P., Zubarev, V. V., Lanetskiy, B. N., Zverev, A. A. (2006). *Matematicheskoe modelirovanie v zadachah issledovaniya nadezhnosti tehnikeskikh sistem*. Kyiv: NAU, 236.
- Manov, N. A. et. al. (2010). *Metody i modeli issledovaniya nadezhnosti elektroenergeticheskikh sistem*. Syktyvkar, 292.
- Viktorova, V. S., Stepanyants, A. S. (2016). *Modeli i metody rascheta nadezhnosti tehnikeskikh sistem*. Moscow: LENAND, 256.
- Open'ko, P. V., Drannyk, P. A., Kobzev, V. V., Brovko, M. B., Zalevsky, G. S. (2017). Substantiation of Reliability Requirements for Mobility Means of Surface-to-Air Missile Systems. *Advances in Military Technology*, 12 (1), 91–99. doi: <https://doi.org/10.3849/aimt.01122>
- Tobias, P. A., Trindade, D. (2011). *Applied Reliability*. CRC, 600. doi: <https://doi.org/10.1201/b11787>
- Kredentser, B. P. (2016). *Tehnikeskoe obsluzhivanie i nadezhnost' sistem s vremennym rezervirovaniem*. Kyiv: Feniks, 382.
- Kredentser, B. P. (2019). *Raschet pokazateley nadezhnosti tehnikeskikh sistem s izbytochnost'yu*. Kyiv: Feniks, 520.
- Kuzavkov, V., Khusainov, P., Vavrichen, O. (2017). Evaluation of the same type firmware network technical condition. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademiyi Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy*. Ser.: Viyskovi ta tekhnichni nauky, 3, 314–323.
- Zhang, W., Zhang, G., Ran, Y., Shao, Y. (2018). The full-state reliability model and evaluation technology of mechatronic product based on meta-action unit. *Advances in Mechanical Engineering*, 10 (5), 168781401877419. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814018774191>
- Peng, D., Zichun, N., Bin, H. (2018). A New Analytic Method of Cold Standby System Reliability Model with Priority. *MATEC Web of Conferences*, 175, 03060. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817503060>
- Zhu, S.-P., Liu, Q., Lei, Q., Wang, Q. (2017). Probabilistic fatigue life prediction and reliability assessment of a high pressure turbine disc considering load variations. *International Journal of Damage Mechanics*, 27 (10), 105678951773713. doi: <https://doi.org/10.1177/1056789517737132>
- Guo, J., Wang, X., Liang, J., Pang, H., Goncalves, J. (2018). Reliability Modeling and Evaluation of MMCs Under Different Redundancy Schemes. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 33 (5), 2087–2096. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2017.2715664>
- Ding, F., Sheng, L., Ao, Z. et. al. (2017). Research on reliability prediction method for traction power supply equipment based on continuous time Markov degradation process. *Proc CSEE*, 37, 1937–1945.
- Hou, K., Jia, H., Li, X., Xu, X., Mu, Y., Jiang, T., Yu, X. (2017). Impact-increment based decoupled reliability assessment approach for composite generation and transmission systems. *IET Generation, Transmission & Distribution*. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2017.0745>
- Peng, W., Shen, L., Shen, Y., Sun, Q. (2018). Reliability analysis of repairable systems with recurrent misuse-induced failures and normal-operation failures. *Reliability Engineering & System Safety*, 171, 87–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.11.016>
- Kashtanov, V. A., Medvedev, A. I. (2010). *Teoriya nadezhnosti slozhnykh sistem*. Moscow: FIZMATLIT, 608.
- Polovko, A. M., Gurov, S. V. (2006). *Osnovy teorii nadezhnosti*. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 702.
- Zubarev, V. V., Kovtunenکو, A. P., Vasilenko, A. V., Chepkov, I. B., Shishanov, M. A. (2010). *Osnovy teorii kompleksnogo obosnovaniya trebovaniy k tehnikeskim pokazatelyam slozhnykh sistem*. Kyiv: Gorobets' G. S., 356.
- Khudov, H., Lishchenko, V., Lanetskiy, B., Lukianchuk, V., Stetsiv, S., Kravchenko, I. (2020). The Coherent Signals Processing Method in the Multiradar System of the Same Type Two-coordinate Surveillance Radars with Mechanical Azimuthal Rotation. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8 (6), 2624–2630. doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/66862020>

АНОТАЦІЇ

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211793

РОЗРОБКА ТОЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ МОДЕЛІ НУЛЬ-ОДИН ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ (с. 6–10)

Elias Munapo

У статті представлений новий метод вирішення задач 0–1 лінійного програмування (ЛП). Загальні 0–1 ЛП вважаються NP-важкими, і до цих пір не знайдений послідовний ефективний загальний алгоритм для цих моделей. Найбільш ранніми точними методами для 0–1 ЛП були метод січних площин і метод гілок і меж. Але, самі по собі ці методи не змогли послідовно і ефективно вирішити модель 0–1 ЛП. Гібриди, що представляють собою комбінацію евристики, відсічень, гілок і меж, а також ціноутворення, успішно використовувалися для деяких моделей 0–1. Основною проблемою гібридів є те, що вони не можуть повністю усунути загрозу комбінаторного вибуху для дуже великих практичних 0–1 ЛП. У даній статті пропонується метод зниження складності 0–1 ЛП. Дана задача використовується для створення більш простої версії задачі, яка потім вирішується поетапно таким чином, що отримане рішення перевіряється на здійсненність і вдосконалюється на кожному етапі до тих пір, поки не буде знайдено оптимальне рішення. Нова задача має матрицю коефіцієнтів тільки 0 і 1. З даного дослідження можна зробити висновок, що для кожної 0–1 ЛП з допустимим оптимальним рішенням існує ще одна 0–1 ЛП (звана в даній статті двійником) з точно таким же оптимальним рішенням, але з іншими обмеженнями. Обмеження двійника складаються тільки з 0 і 1. Двійника 0–1 ЛП непросто визначити простим оглядом, але його можна отримати поетапно, як показано на числовому прикладі, представленою в цій статті. Моделі 0–1 цілочисельного програмування знаходять застосування в багатьох сферах діяльності. До них відносяться великі економічні/фінансові моделі, моделі маркетингових стратегій, моделі планування виробництва та робочої сили, моделі комп'ютерного проектування та нетворкінгу, військові операції, сільське господарство, боротьба з лісовими пожежами, маршрутизація транспортних засобів, а також моделі охорони здоров'я та медицини.

Ключові слова: 0–1 ЛП, унімодулярний, нерівності клік, перевірка здійсненності, змінна сума, двійник.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214718

РОЗРОБКА СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПЕРЕВІРКИ СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ (с. 11–18)

Л. Г. Раскін, О. В. Сіра

Розглянуто типові задачі теорії перевірки статистичних гіпотез. Всі ці задачі належать одній і тій же об'єктній області, формуються в єдиній системі аксіом і передумов з використанням загального мовного тезауруса. Однак при цьому для вирішення кожної з цих задач використовуються різні підходи і розробляється свій унікальний метод розв'язання. У зв'язку з цим в роботі запропоновано єдиний методичний підхід для формулювання і розв'язання цих задач. Математична основа підходу – теорія континуального лінійного програмування (КЛП), яка узагальнює відомий математичний апарат лінійного програмування на безперервний випадок. Математичний апарат КЛП дозволяє перейти від двоточкового опису розв'язання задачі в формі $\{0; 1\}$ до безперервного на відрізку $[0; 1]$. Доведено теореми, які обґрунтовують рішення задач в термінах КЛП. Розглянуто задачу перевірки простої гіпотези проти декількох рівнозначних або нерівнозначних альтернатив. Для вирішення всіх цих задач введена безперервна функція, що задає рандомізоване вирішальне правило, що приводить до моделей континуального лінійного програмування. В результаті з'являється можливість розширення безлічі розв'язуваних аналітично задач теорії перевірки статистичних гіпотез. Зокрема, задачі прийняття рішення за критерієм максимальної потужності при фіксованій ймовірності помилки першого роду, при обмеженні на середній ризик, задача перевірки простої гіпотези проти декількох альтернатив при заданій ймовірності помилок другого роду. Запропоновано методу вирішення задач перевірки статистичних гіпотез для випадку, коли для ідентифікації стану використовується не один, а кілька спостережуваних контрольованих параметрів.

Ключові слова: перевірка статистичних гіпотез, однотипний метод вирішення задач, універсальні рандомізовані критерії.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214899

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ОБРАЗНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ШЕФФЕРА (с. 19–34)

М. Т. Соломко, Н. Л. Хомок, Я. Г. Іващук, В. Д. Назарук, В. Б. Рейнська, Л. В. Зубик, А. М. Попова

Проведеними дослідженнями встановлена можливість зменшення обчислювальної складності, збільшення продуктивності мінімізації булевих функцій у класі досконалих нормальних форм функцій алгебри Шеффера методом образних перетворень.

Поширення методу образних перетворень на мінімізацію функцій алгебри Шеффера дає змогу виявляти нові алгебричні правила логічних перетворень. Особливістю спрощення функцій Шеффера на бінарних структурах 2-(n, b)-блок-схем є виняткові ситуації. Вони мають застосування як при виведенні результату спрощення функцій з бінарної матриці, так і при виведенні функцій Шеффера до матриці.

Показано, що досконали нормальну форму n-містної функції Шеффера можна подати бінарними наборами або матрицею. Логічні операції над структурою матриці забезпечують результат спрощення функцій Шеффера. Це дозволяє зосередити принцип мінімізації у межах таблиці істинності заданої функції та обійтись без допоміжних об'єктів, як-то карта Карно, діаграми Вейча, таблиці покриття та ін.

Порівняно з аналогами мінімізації функцій алгебри Шеффера розглянутий метод дозволяє:

- зменшити алгоритмічну складність мінімізації досконалих нормальних форм функцій Шеффера (ENSF-1 та ENSF-2);
- збільшити продуктивність мінімізації функцій алгебри Шеффера на 100–150 %;
- демонструвати наочність процесу мінімізації ENSF-1 або ENSF-2;

– забезпечити самодостатність методу образних перетворень для мінімізації функцій алгебри Шеффера за рахунок впровадження ознаки мінімальної функції та мінімізації на повній таблиці істинності ENSF-1 і ENSF-2.

Є підстави стверджувати, що застосування методу образних перетворень для мінімізації функцій алгебри Шеффера виводить проблему мінімізації ENSF-1 та ENSF-2 на рівень добре дослідженої задачі у класі диз'юнктивно-кон'юнктивних нормальних форм (ДСНФ) булевих функцій.

Ключові слова: метод образних перетворень, мінімізація функцій Шеффера, штрих Шеффера, терм Шеффера, ENSF-1, ENSF-2.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211399

РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ПОШУКУ РІШЕННЯ ДЛЯ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ (с. 35–44)

О. Ф. Сальнікова, О. В. Червякова, О. Я. Сова, Р. М. Животовський, С. М. Петрук, Т. Г. Гурський, А. В. Шишацький, А. І. Нос, Є. І. Нерознак, І. В. Прощин

На даний час штучний інтелект проникнув в усі сфери людської діяльності. Однак виникає ряд проблем при аналізі об'єктів, а саме присутня апіорна невизначеність про стан об'єктів та аналіз відбувається в складній обстановці на фоні навмисних (природних) завад та в умовах невизначеності. Найкращий вихід в цій ситуації знаходять в інтеграції з даними аналізу інформаційних систем і штучних нейронних мереж. Саме тому, в зазначеній статті розроблено удосконалений метод пошуку рішень для нейро-нечітких експертних систем. Запропонований метод дозволяє підвищити оперативність та достовірність прийняття рішень про стан об'єкту. Підвищення оперативності досягається за рахунок використання нейро-нечітких штучних нейронних мереж, що еволюціонують, а також удосконаленої процедури їх навчання. Навчання нейро-нечітких штучних нейронних мереж, що еволюціонують, відбувається за рахунок навчання їх архітектури, синаптичних ваг, виду та параметрів функції належності, а також застосування процедури зменшення розмірності простору ознак. Також при аналізі об'єктів враховується ступінь невизначеності про їх стан. В запропонованому методі при виконанні пошуку рішення однакові умови обчислюються одноразово, що забезпечує прискорення проходження циклу перегляду правил та замість однакових умов правил використовуються посилання на них. При цьому досягається зменшення обчислюваної складності при прийнятті рішень та не відбувається накопичення помилки при навчанні штучних нейронних мереж в результаті обробки інформації, що надходить на вхід штучних нейронних мереж. Проведено апробацію використання запропонованого методу на прикладі оцінки стану радіоелектронної обстановки. Зазначений приклад показав підвищення оперативності оцінювання на рівні 20–25 % по оперативності обробки інформації.

Ключові слова: штучний інтелект, радіоелектронна обстановка, інтелектуальні системи, системи підтримки прийняття рішень.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.215045

УЗАГАЛЬНЕННЯ ЧИСЛОВИХ МЕТОДІВ КВАЗІКОНФОРМНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГІЇ (с. 45–54)

А. Я. Бомба, М. В. Бойчура, Б. П. Сидорчук

Узагальнено метод ідентифікації параметрів коефіцієнта провідності об'єктів на випадок реконструкції зображення частини ґрунтового масиву за даними томографії прикладених квазіпотенціалів. При цьому, не зменшуючи загальності, реконструкція зображення здійснюється у фрагменті середовища прямокутної форми із наявними у ньому локальними сплесками однорідностей. Загальна ідея відповідного алгоритму полягає у почерговому ітераційному розв'язанні задач на квазіконформні відображення та ідентифікацію параметрів коефіцієнта провідності, при недостатній кількості даних про значення функцій течії на «недоступній» частині границі. Реконструкція зображення проводилась за даними, отриманими за допомогою повнодіапазонної градієнтної установки. Розроблений підхід, в порівнянні з існуючими, володіє низкою переваг, які дозволяють підвищити точність ідентифікації коефіцієнта провідності. А саме: забезпечує збільшення, у якісному сенсі, кількості вхідних даних, дозволяє уникати застосування дельта функцій Дірака при моделюванні ділянок прикладання потенціалів та досить гнучко враховувати математичні аспекти здійснення квазіконформного відображення скінченного фрагмента пів-площини на параметричний многокутник (область комплексного квазіпотенціалу). Розв'язання відповідної задачі, зокрема, відбувається не в єдиному (фіксованому) досліджуваному фрагменті ґрунтового масиву прямокутної форми, а в низці менших підобластях такої ж форми, у запропонованій оптимальній послідовності. Це дозволяє суттєво економити машинний час. Перспективність подальшого практичного впровадження запропонованого методу слідує із його здатності давати наблизений результат при порівняно невисоких затратах (фінансових, часових).

Ключові слова: електрична томографія, квазіконформні відображення, ідентифікація, обернені задачі, числові методи.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214995

РОЗРОБКА МОДЕЛІ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ БАГАТОРАЗОВОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗІ СКЛАДНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ (с. 55–65)

Б. М. Ланецький, В. В. Лук'янчук, Г. В. Худов, М. П. Фісун, О. О. Зверев, І. М. Терехуха

Рішення задач задання вимог до надійності складних технічних систем передбачає їх класифікацію за ознаками, що характеризують призначення, режими застосування та ін. За режимами застосування системи підрозділяють на об'єкти безперервного тривалого застосування, багаторазового циклічного застосування і одноразового застосування. До об'єктів багаторазового циклічного застосування відносять системи, що працюють циклами. Тривалості періоду роботи і паузи в циклі вважаються детермінованими величинами. Запропоновано додатково до відомої класифікації ввести групу систем багаторазового застосування зі складним режимом

роботи. Під складним режимом розуміється режим, що включає очікування заявки на застосування системи і виконання заявки після її надходження в випадковий момент часу.

Розроблено аналітичну модель надійності такої системи у вигляді співвідношення для нестационарного повного коефіцієнта оперативної готовності. Ця модель описує процеси функціонування системи на інтервалах очікування та застосування. При цьому тривалості інтервалів очікування і(або) виконання заявки є випадковими величинами.

Отримано співвідношення для цього показника при трьох варіантах задання функцій розподілу тривалостей очікування у включеному стані і виконання заявки на застосування.

Розроблена модель дозволяє задавати вимоги до безвідмовності і ремонтпридатності систем зі складним режимом роботи.

Отримано результати моделювання залежностей оперативних показників надійності від параметрів функцій розподілу тривалості очікування і виконання заявки для різних розподілів. Сформульовані рекомендації щодо обґрунтування вимог до безвідмовності та ремонтпридатності систем, що розглядаються.

Ключові слова: використання за призначенням, нестационарний коефіцієнт оперативної готовності, складна технічна система.