

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209172

DEVELOPMENT OF AN ACCELERATING HUNGARIAN METHOD FOR ASSIGNMENT PROBLEMS (p. 6–13)

Elias Munapo

North-West University, Mafikeng, South Africa

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

The Hungarian method is a well-known method for solving the assignment problem. This method was developed and published in 1955. It was named the Hungarian method because two theorems from two Hungarian mathematicians were used. In 1957, it was noticed that this algorithm is strongly polynomial and has a complexity of order $O(n^4)$. This is the reason why the Hungarian method is also known as the Kuhn-Munkres algorithm. Later on, in 1971 the complexity of the method was improved to order $O(n^3)$. A smallest uncovered element is selected to create a single zero at every iteration. This is a weakness and is alleviated by selecting more than one smallest uncovered element thus creating more than one zero at every iteration to come up with what we now call the Accelerating Hungarian (AH) method.

From the numerical illustration of the Hungarian method given in this paper, we require 6 iterations to reach optimality. It can also be shown that selecting a single smallest uncovered element (e_s) makes the Hungarian method inefficient when creating zeros. From the same numerical illustration of the proposed algorithm (AH) also given in this paper, it can be noted that only one iteration is required to reach optimality and that a total of six zeros are created in one iteration.

Assignment model and the Hungarian method have application in addressing the Weapon Target Assignment (WTA) problem. This is the problem of assigning weapons to targets while considering the maximum probability of kill. The assignment problem is also used in the scheduling problem of physicians and medical staff in the outpatient department of large hospitals with multi-branches. The mathematical modelling of this assignment problem results in complex problems. A hybrid meta-heuristic algorithm SCA-VNS combining a Sine Cosine Algorithm (SCA) and Variable Neighbourhood Search (VNS) based on the Iterated Hungarian algorithm is normally used.

Keywords: Hungarian method, assignment problem, König theorem, Egerváry Theorem, Kuhn-Munkres algorithm.

References

- Kuhn, H. W. (1955). The Hungarian method for the assignment problem. *Naval Research Logistics Quarterly*, 2 (1-2), 83–97. doi: <https://doi.org/10.1002/nav.3800020109>
- König, D. (1931). Graphok 'es matrixok. *Matematikai 'es Fizikai Lapok*, 38, 116–119.
- Egerváry, J. (1931). Matrixok kombinatorius tulajdons'agair'ol. *Matematikai 'es Fizikai Lapok*, 38, 16–28.
- Munkres, J. (1957). Algorithms for the Assignment and Transportation Problems. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 5 (1), 32–38. doi: <https://doi.org/10.1137/0105003>
- Edmonds, J., Karp, R. M. (1972). Theoretical Improvements in Algorithmic Efficiency for Network Flow Problems. *Journal of the ACM (JACM)*, 19 (2), 248–264. doi: <https://doi.org/10.1145/321694.321699>
- Tomizawa, N. (1971). On some techniques useful for solution of transportation network problems. *Networks*, 1 (2), 173–194. doi: <https://doi.org/10.1002/net.3230010206>
- Date, K., Nagi, R. (2016). GPU-accelerated Hungarian algorithms for the Linear Assignment Problem. *Parallel Computing*, 57, 52–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.parco.2016.05.012>
- Kline, A., Ahner, D., Hill, R. (2019). The Weapon-Target Assignment Problem. *Computers & Operations Research*, 105, 226–236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.10.015>
- Rabbani, Q., Khan, A., Qudoods, A. (2019). Modified Hungarian method for unbalanced assignment problem with multiple jobs. *Applied Mathematics and Computation*, 361, 493–498. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.05.041>
- Lan, S., Fan, W., Liu, T., Yang, S. (2019). A hybrid SCA-VNS meta-heuristic based on Iterated Hungarian algorithm for physicians and medical staff scheduling problem in outpatient department of large hospitals with multiple branches. *Applied Soft Computing*, 85, 105813. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105813>
- Öncan, T., Şuvak, Z., Akyüz, M. H., Altinel, İ. K. (2019). Assignment problem with conflicts. *Computers & Operations Research*, 111, 214–229. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.07.001>
- Patil, A. H., Mahalle, P. N. (2020). Trends and Challenges in Measuring Performance of Reviewer Paper Assignment. *Procedia Computer Science*, 171, 709–718. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.077>
- Zhang, R.-Q., Wang, M., Pan, X. (2019). New model of the storage location assignment problem considering demand correlation pattern. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 210–219. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.027>
- Niv, A., MacCaig, M., Sergeev, S. (2020). Optimal assignments with supervisions. *Linear Algebra and Its Applications*, 595, 72–100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.laa.2020.02.032>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210103

EXECUTION OF ARITHMETIC OPERATIONS INVOLVING THE SECOND-ORDER FUZZY NUMBERS (p. 14–20)

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>

The need to improve the adequacy of conventional models of the source data uncertainty in order to undertake research using fuzzy mathematics methods has led to the development of natural improvement in the analytical description of the fuzzy numbers' membership functions. Given this, in particular, in order to describe the membership functions of the three-parametric fuzzy numbers of the (L-R)-type, the modification implies the following. It is accepted that these functions' parameters (a modal value, the left and right fuzzy factors) are not set clearly by their membership functions. The numbers obtained in this way are termed the second-order fuzzy numbers (bi-fuzzy). The issue, in this case, is that there are no rules for operating on such fuzzy

numbers. This paper has proposed and substantiated a system of operating rules for a widely used and effective class of fuzzy numbers of the (L-R)-type whose membership functions' parameters are not clearly defined. These rules have been built as a result of the generalization of known rules for operating on regular fuzzy numbers. We have derived analytical ratios to compute the numerical values of the membership functions of the fuzzy results from executing arithmetic operations (addition, subtraction, multiplication, division) over the second-order fuzzy numbers. It is noted that the resulting system of rules is generalized for the case when the numbers-operands' fuzziness order exceeds the second order. The examples of operations execution over the second-order fuzzy numbers of the (L-R)-type have been given.

Keywords: fuzzy numbers of (L-R)-type, second-order fuzziness, algebra of operations, arithmetic operations, execution rules.

References

- 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)
- Kaufman, A. (1975). *Theory of Fuzzy subsets*. Academic Press, 432.
- Dubois, D., Prade, H. (1978). Operations on fuzzy numbers. *International Journal of Systems Science*, 9 (6), 613–626. doi: <https://doi.org/10.1080/00207727808941724>
- Babuska, R. (2003). *Fuzzy Systems, Modeling and Identification*. Prentice Hall.
- Lyu, B. (2005). *Teoriya i praktika neopredelenogo programirovaniya*. Moscow: BINOM, 416.
- Remezova, E. M. (2013). Type-2 Fuzzy Sets: Conception, Analysis and Peculiarities Uzing. *Modern problems of science and education*, 5. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10506>
- Castillo, O., Melin, P. (2008). *Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-76284-3>
- Hagras, H. A. (2004). A Hierarchical Type-2 Fuzzy Logic Control Architecture for Autonomous Mobile Robots. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 12 (4), 524–539. doi: <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2004.832538>
- Celik, E., Gul, M., Aydin, N., Gumus, A. T., Guneri, A. F. (2015). A comprehensive review of multi criteria decision making approaches based on interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 85, 329–341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2015.06.004>
- Chang, P.-C., Wu, J.-L., Lin, J.-J. (2016). A Takagi–Sugeno fuzzy model combined with a support vector regression for stock trading forecasting. *Applied Soft Computing*, 38, 831–842. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.10.030>
- Hamza, M. F., Yap, H. J., Choudhury, I. A., Chiroma, H., Kumbasar, T. (2017). A survey on advancement of hybrid type 2 fuzzy sliding mode control. *Neural Computing and Applications*, 30 (2), 331–353. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3144-z>
- Tang, X., Deng, L., Yu, J., Qu, H. (2018). Output Feedback Predictive Control of Interval Type-2 T–S Fuzzy Systems With Markovian Packet Loss. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26 (4), 2450–2459. doi: <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2017.2771502>
- Xiao, B., Lam, H. K., Yang, X., Yu, Y., Ren, H. (2018). Tracking control design of interval type-2 polynomial-fuzzy-model-based systems with time-varying delay. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 75, 76–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.08.002>
- Zhang, Z., Niu, Y. (2018). Adaptive sliding mode control for interval type-2 stochastic fuzzy systems subject to actuator failures. *International Journal of Systems Science*, 49 (15), 3169–3181. doi: <https://doi.org/10.1080/00207721.2018.1534027>
- Mendel, J. M. (2019). Type-2 Fuzzy Sets as Well as Computing with Words. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 14(1), 82–95. doi: <https://doi.org/10.1109/mci.2018.2881646>
- Du, Z., Yan, Z., Zhao, Z. (2019). Interval type-2 fuzzy tracking control for nonlinear systems via sampled-data controller. *Fuzzy Sets and Systems*, 356, 92–112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2018.02.013>
- Shvedov, A. S. (2019). On Type-2 Fuzzy Sets and Type-2 Fuzzy Systems. *Proceedings of the IV International Scientific Conference „Actual Problems of Applied Mathematics”*. Part I, *Itogi Nauki i Tekhniki. Ser. Sovrem. Mat. Pril. Temat. Obz.*, 165, 114–122. Available at: <http://www.mathnet.ru/links/0acb6b17421b39ba90bad684804911ac/into471.pdf>
- Raskin, L., Sira, O. (2020). Performing arithmetic operations over the (L–R)-type fuzzy numbers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (105)), 6–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203590>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209886

THE USE OF PROBABILISTIC LATENT SEMANTIC ANALYSIS TO IDENTIFY SCIENTIFIC SUBJECT SPACES AND TO EVALUATE THE COMPLETENESS OF COVERING THE RESULTS OF DISSERTATION STUDIES (p. 21–28)

Petro Lizunov

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2924-3025>

Andrii Biloshchytskyi

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
Astana IT University, Nur-Sultan, Kazakhstan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

Alexander Kuchansky

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1277-8031>

Yurii Andrashko

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

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

Svitlana Biloshchytska

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0856-5474>

The study considers the possibilities of using latent semantic analysis for the tasks of identifying scientific subject spaces and evaluating the completeness of covering the results of dissertation research by science degree seekers.

A probabilistic thematic model was built to make it possible to cluster the publications of scholars in scientific areas, taking into account the citation network, which was an important step for solving the problem of identifying scientific subject spaces. As a result of constructing the model, the problem of increasing instability of clustering the citation graph in connection with a decrease in the number of clusters was solved. This problem would arise when combining clusters built on the basis of citation graph clustering, taking into account the similarity of abstracts of scientific publications.

In the article, the presentation of text documents is described based on a probabilistic thematic model using n-grams. A proba-

bilistic thematic model was built for the task of determining the completeness of covering the materials of an author's dissertation research in scientific publications. The approximate values of the threshold coefficients were calculated to evaluate whether the articles of an author included the research provisions that were reflected in the text of the author's abstract of the dissertation. The probabilistic thematic model for an author's publications was practised on the basis of the BigARTM tool. Using the constructed model and with the help of a special regularizer, a matrix was found to evaluate the relevance of topics specified by the segments of an author's dissertation abstracts to documents that are produced by the author's publications.

Important aspects of the possibilities of using latent semantic analysis were studied to identify tasks of scientific subject spaces and to reveal the completeness of covering the results of dissertation research science degree seekers.

Keywords: probabilistic latent semantic analysis, clustering, scientific subject space, thematic model.

References

- Dumais, S. T. (2005). Latent semantic analysis. *Annual Review of Information Science and Technology*, 38 (1), 188–230. doi: <https://doi.org/10.1002/aris.1440380105>
- Deerwester, S., Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K., Harshman, R. (1990). Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 41 (6), 391–407. doi: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4571\(199009\)41:6<391::aid-asi1>3.0.co;2-9](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4571(199009)41:6<391::aid-asi1>3.0.co;2-9)
- Hofmann, T. (1999). Probabilistic latent semantic indexing. *Proceedings of the 22nd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval - SIGIR '99*. doi: <https://doi.org/10.1145/312624.312649>
- Dai, A. M., Olah, C., Le, Q. V. (2015). Document embedding with paragraph vectors. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1507.07998v1.pdf>
- Rosen-Zvi, M., Griffiths, T., Steyvers, M., Smyth, P. (2004). The Author-Topic Model for Authors and Documents. *Conference: UAI '04, Proceedings of the 20th Conference in Uncertainty in Artificial Intelligence*.
- Pagliardini, M., Gupta, P., Jaggi, M. (2018). Unsupervised Learning of Sentence Embeddings using Compositional n-Gram Features. *Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long Papers)*, 528–540. doi: <https://doi.org/10.18653/v1/n18-1049>
- Lifchitz, A., Jhean-Larose, S., Denhière, G. (2009). Effect of tuned parameters on an LSA multiple choice questions answering model. *Behavior Research Methods*, 41 (4), 1201–1209. doi: <https://doi.org/10.3758/brm.41.4.1201>
- Gálvez, R. H., Gravano, A. (2017). Assessing the usefulness of online message board mining in automatic stock prediction systems. *Journal of Computational Science*, 19, 43–56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.01.001>
- Scopus Preview. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Available at: <https://www.scopus.com/sourcid/21100450083>
- Mendeley. Available at: https://www.mendeley.com/?interaction_required=true
- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Kuzka, O., Shabala, Y., Lyashchenko, T. (2017). A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (89)), 4–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112323>
- Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2019). Improvement of the method for scientific publications clustering based on n-gram analysis and fuzzy method for selecting research partners. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (100)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175139>
- Bykov, V. Y., Kuchanskyi, O. Y., Biloshchytskyi, A. O., Andrashko, Y. V., Dikhtiarenko, O. V., Budnik, S. V. (2019). Development of information technology for complex evaluation of higher education institutions. *Information Technologies and Learning Tools*, 73 (5), 293–306. doi: <https://doi.org/10.33407/itl.v73i5.3397>
- Kuchansky, A., Andrashko, Yu., Biloshchytskyi, A., Danchenko, O., Ilarionov, O., Vatskel, I., Honcharenko, T. (2018). The method for evaluation of educational environment subjects' performance based on the calculation of volumes of msimplexes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (92)), 15–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126287>
- Kuchansky, A., Biloshchytskyi, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Shabala, Y., Myronov, O. (2018). Development of adaptive combined models for predicting time series based on similarity identification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (91)), 32–42. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121620>
- Biloshchytskyi, A., Biloshchytska, S., Kuchansky, A., Bielova, O., Andrashko, Y. (2018). Infocommunication system of scientific activity management on the basis of project-vector methodology. *2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*. doi: <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336186>
- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Danchenko, O. (2018). Development of Infocommunication System for Scientific Activity Administration of Educational Environment's Subjects. *2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*. doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632036>
- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Paliy, S., Biloshchytska, S., Bronin, S., Andrashko, Y. et. al. (2018). Development of technical component of the methodology for projectvector management of educational environments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (92)), 4–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126301>
- Mulesa, O., Snytyuk, V., Myronyuk, I. (2019). Optimal alternative selection models in a multi-stage decision-making process. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 43–50. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.001005>
- Ostakhov, V., Artykulna, N., Morozov, V. (2018). Models of IT Projects KPIs and Metrics. *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478464>
- Ostakhov, V., Morozov, V. (2019). Models and Methods of IT and Infocommunications Portfolio Management Using the System of Metrics and KPIs. *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*. doi: <https://doi.org/10.1109/picst.47496.2019.9061328>
- Kolesnikov, O., Gogunskii, V., Kolesnikova, K., Lukianov, D., Olekh, T. (2016). Development of the model of interaction among the project, team of project and project environment in project system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (83)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80769>

23. Morozov, V., Kalnichenko, O., Liubyma, I. (2017). Managing projects configuration in development distributed information systems. 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT). doi: <https://doi.org/10.1109/aiact.2017.8020088>
24. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Biloshchytska, S., Chala, L. (2016). Detection of near duplicates in tables based on the locality-sensitive hashing method and the nearest neighbor method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (4 (84)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86243>
25. Rossi, R. J. (2018). Mathematical Statistics: An Introduction to Likelihood Based Inference. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118771075>
26. Tihonov, A. N., Arsenin, V. Ya. (1986). Metody resheniya nekorrektnykh zadach. Moscow: Nauka, 287.
27. Blei, D. M., Ng, A. Y., Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. Journal of Machine Learning Research, 3, 993–1022.
28. Dietz, L., Bickel, S., Scheffer, T. (2007). Unsupervised prediction of citation influences. Proceedings of the 24th International Conference on Machine Learning - ICML '07. doi: <https://doi.org/10.1145/1273496.1273526>
29. Andrzejewski, D., Zhu, X. (2009). Latent Dirichlet Allocation with topic-in-set knowledge. Proceedings of the NAACL HLT 2009 Workshop on Semi-Supervised Learning for Natural Language Processing - SemiSupLearn '09. doi: <https://doi.org/10.3115/1621829.1621835>
30. BigARTM. Available at: <https://bigartm.readthedocs.io/en/stable/intro.html>
31. Vorontsov, K. V. (2013). Veroyatnostnoe tematicheskoe modelirovanie. Available at: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/2/22/Voron-2013-ptm.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209256

DEVELOPMENT OF MODELS FOR THE RATIONAL CHOICE AND ACCOMMODATION OF PEOPLE IN MOBILE TECHNICAL VEHICLES WHEN EVACUATING FROM BUILDINGS (p. 29–36)

Alexander Pankratov

A. Pidgorny Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2958-8923>

Vladimir Komyak

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6009-5908>

Kyazim Kyazimov

Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0790-9770>

Valentina Komyak

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9840-2635>

Andrii Naydysh

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4057-7085>

Alexander Danilin

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4940-1430>

Anatoliy Kosse

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8490-0695>

Gennadii Virchenko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9586-4538>

Viacheslav Martynov

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0822-1970>

A significant growth in the volume of high-rise construction gives special relevance and urgency to the problem of safety of such facilities. Scientifically grounded plans of people's evacuation, including all sorts of scenarios for people's evacuation from buildings are developed for such structures. Scenarios include simulations of the motion of human flows along corridors, stairs, using elevators and mobile evacuation vehicles. An unresolved part of the problem is the problem of the rational choice and accommodation of people in stationary and mobile evacuation vehicles.

The MIP model of the rational choice and accommodation of people in mobile vehicles of evacuation from buildings was developed. A particular case of the model – optimization of accommodation of people in the emergency evacuation vehicles according to the sequence of people's arrival from the flow – was explored. The basic features of the model were analyzed: the model of the problem of mixed integer programming with piecewise continuous objective function. The specific features of the model allowed reasonable boiling down the problem to a sequence of sub-problems of accommodation the first objects (people) according to the sequence of their arrival and adapt each of them to the solution employing the multistart method with the application of artificial basis.

A three-component model is considered as objects (of human bodies). The model is subject to restrictions that ensure the conditions for “gluing” the model's components into a single complex object. Continuous rotations of the model components with limitations to the turning angles are allowed.

The proposed models and the solution methods modified in the present research make it possible to find both the configurations of the optimal-local accommodation of complex objects and the spatial shapes of objects.

Keywords: mobile evacuation vehicles, accommodation configuration, locally optimal solutions, three-component model of an object, quasi-phi-functions.

References

1. Stoyan, Yu. G. (1983). Osnovnaya zadacha geometricheskogo proektirovaniya. Kharkiv: In-t problem mashinostroeniya AN USSR, 36.
2. Wäscher, G., Haußner, H., Schumann, H. (2007). An improved typology of cutting and packing problems. European Journal of Operational Research, 183 (3), 1109–1130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.047>
3. Bennell, J. A., Oliveira, J. F. (2008). The geometry of nesting problems: A tutorial. European Journal of Operational Research, 184 (2), 397–415. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.11.038>
4. Rvachev, V. L. (1982). Teoriya R-funktsii i nekotorye ee prilozheniya. Kyiv: Naukova dumka, 552.

5. Yakovlev, S. V., Gil', N. I., Komyak, V. M. et. al.; Rvachev, V. L. (Ed.) (1995). *Elementy teorii geometricheskogo proektirovaniya*. Kyiv: Naukova dumka, 241.
6. Stoyan, Yu. G. (1980). Ob odnom obobshchenii funktsii plotnogo razmeshcheniya. *Doklady NAN Ukrainy*, 8, 71–74.
7. Stoyan, Yu. G. (2001). Φ -function and its basic properties. *Doklady NAN Ukrainy*, 8, 112–117.
8. Stoyan, Yu., Gil, N., Romanova, T., Scheithauer, G. (2004). Phi-function for complex 2D object. *40R Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies*, 2 (1), 69–84.
9. Stoyan, Y., Romanova, T., Pankratov, A., Chugay, A. (2015). Optimized Object Packings Using Quasi-Phi-Functions. *Springer Optimization and Its Applications*, 265–293. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-18899-7_13
10. Pankratov, A. V., Romanova, T. E., Chugay, A. M. (2015). Optimal packing of convex polytopes using quasi-phi-functions. *Engineering problems*, 18 (2), 55–64.
11. Komyak, V., Komyak, V., Danilin, A. (2017). A study of ellipse packing in the high-dimensionality problems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (85)), 17–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91902>
12. Holshechnikov, V. V., Samoshin, D. A. (2009). *Evakuatsiya i povedenie lyudey na pozharah*. Moscow: Akademiya GPS MCHS Rossii, 210.
13. Kallrath, J., Rebennack, S. (2013). Cutting ellipses from area-minimizing rectangles. *Journal of Global Optimization*, 59 (2-3), 405–437. doi: <https://doi.org/10.1007/s10898-013-0125-3>
14. Pankratov, A. V., Romanova, T. E., Subbota, I. A. (2014). Optimal'naya upakovka ellipsoidov s uchetom dopustimyh rass-toyaniy. *Journal of Computational & Applied Mathematics*, 1, 129–140.
15. Karkin, I. N., Parfenenko, A. P. (2011). Floiwtch VD – computer-simulation method from evacuation calculation. *International Scientific and Technical Conference Emergency Evacuation of People from Buildings*. Warsaw, 111–118.
16. Kholshchevnikov, V. V., Parfenenko, A. P. (2015). Comparison of different models of the movement of human flows and results of program computer systems. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 24 (5), 68–75. doi: <https://doi.org/10.18322/pvb.2015.24.5.68-75>
17. Komiak, V. M., Kiazimov, K. T., Danylyn, A. N. (2020). Modelivannia aktyvnoho rukhu liudei v pototsi zmishanoho skladu. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-prykladnoi konf.: Problemy nadzvychainykh sytuatsiy*. Kharkiv: NUTsZU, 97–99.
18. Stoyan, Y. G., Yakovlev, S. V. (2018). Configuration Space of Geometric Objects. *Cybernetics and Systems Analysis*, 54 (5), 716–726. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0073-5>
19. Klymenko, V. P., Oksanych, M., Lopushanskyi, A. V. (2018). Data metamodel as a basis for building a unified information environment of a system of situational centers of the Security and Defense Sector. *Matematychni mashyny i systemy*, 3, 40–47.
20. Kampas, F. J., Castillo, I., Pintér, J. D. (2019). Optimized ellipse packings in regular polygons. *Optimization Letters*, 13 (7), 1583–1613. doi: <https://doi.org/10.1007/s11590-019-01423-y>
21. Gill, E., Myurrey, U., Rayt, M. (1985). *Prakticheskaya optimizatsiya*. Moscow: Mir, 509.
22. Wächter, A., Biegler, L. T. (2005). On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming. *Mathematical Programming*, 106 (1), 25–57. doi: <https://doi.org/10.1007/s10107-004-0559-y>
23. Komyak, V., Kyazimov, K. (2020). Variantal modeling of evacuation of people from altitude buildings in the event of an emergency situation. *Modern Problems of Modeling*, 17, 27–35. doi: <https://doi.org/10.33842/2313-125x/2019/17/27/35>
24. Komyak, V. M., Sobol, A. N., Danilin, A. N., Komyak, V. V., Kyazimov, K. T. (2020). Optimization of Partitioning the Domain into Subdomains According to Given Limitation of Space. *Journal of Automation and Information Sciences*, 52 (2), 13–26. doi: <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v52.i2.20>
25. Coin-Or. Available at: <https://projects.coin-or.org/Ipopt>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210129
STUDYING THE PROPERTIES OF A ROBUST ALGORITHM FOR IDENTIFYING LINEAR OBJECTS, WHICH MINIMIZES A COMBINED FUNCTIONAL (p. 37–46)

Oleg Rudenko

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0859-2015>

Oleksandr Bezsonov

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6104-4275>

Oleh Lebediev

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5998-0136>

Valentyn Lebediev

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0095-7481>

Kiril Oliinyk

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8536-5217>

This paper addresses the task of identifying the parameters of a linear object in the presence of non-Gaussian interference. The identification algorithm is a gradient procedure for minimizing the combined functional. The combined functional, in turn, consists of the fourth-degree functional and a modular functional, whose weights are set using a mixing parameter. Such a combination of functionals makes it possible to obtain estimates that demonstrate robust properties. We have determined the conditions for the convergence of the applied procedure in the mean and root-mean-square measurements in the presence of non-Gaussian interference. In addition, expressions have been obtained to determine the optimal values of the algorithm's parameters, which ensure its maximum convergence rate. Based on the estimates obtained, the asymptomatic and non-asymptotic values of errors in estimating the parameters and identification errors. Because the resulting expressions contain a series of unknown parameters (the values of signal and interference variances), their practical application requires that the estimates of these parameters should be used.

We have investigated the issue of stability of the steady identification process and determined the conditions for this stability. It has been shown that determining these conditions necessitates solving the third-degree equations, whose coefficients depend on the specificity of the problem to be solved. The resulting ratios are rather cumbersome but their simplification allows for a qualitative analysis of stability issues. It should be noted that all the estimates reported in this work depend on

the choice of a mixing parameter, the task of determining which remains to be explored.

The estimates obtained in this paper allow the researcher to pre-evaluate the capabilities of the identification algorithm and the effectiveness of its use in solving practical problems.

Keywords: combined functional, gradient algorithm, weighing parameter, asymptomatic assessment, identification accuracy.

References

- Bedel'baeva, A. A. (1978). Relay estimation algorithm. *Avtomat. i Telemekh.*, 39 (1), 87–95.
- Shao, T., Zheng, Y. R., Benesty, J. (2010). An Affine Projection Sign Algorithm Robust Against Impulsive Interferences. *IEEE Signal Processing Letters*, 17 (4), 327–330. doi: <https://doi.org/10.1109/lsp.2010.2040203>
- Shin, J., Yoo, J., Park, P. (2012). Variable step-size affine projection sign algorithm. *Electronics Letters*, 48 (9), 483. doi: <https://doi.org/10.1049/el.2012.0751>
- Lu, L., Zhao, H., Li, K., Chen, B. (2015). A Novel Normalized Sign Algorithm for System Identification Under Impulsive Noise Interference. *Circuits, Systems, and Signal Processing*, 35(9), 3244–3265. doi: <https://doi.org/10.1007/s00034-015-0195-1>
- Huang, H.-C., Lee, J. (2012). A New Variable Step-Size NLMS Algorithm and Its Performance Analysis. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 60 (4), 2055–2060. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2011.2181505>
- Casco-Sánchez, F. M., Medina-Ramírez, R. C., López-Guerrero, M. (2011). A New Variable Step-Size NLMS Algorithm and its Performance Evaluation in Echo Cancelling Applications. *Journal of Applied Research and Technology*, 9 (03). doi: <https://doi.org/10.22201/icat.16656423.2011.9.03.425>
- Huber, P. J. (1977). Robust methods of estimation of regression coefficients. *Series Statistics*, 8 (1), 41–53. doi: <https://doi.org/10.1080/02331887708801356>
- Hampel, F. R. (1974). The Influence Curve and its Role in Robust Estimation. *Journal of the American Statistical Association*, 69 (346), 383–393. doi: <https://doi.org/10.1080/01621459.1974.10482962>
- Adamczyk, T. (2017). Application of the Huber and Hampel M-estimation in real estate value modeling. *Geomatics and Environmental Engineering*, 11 (1), 15. doi: <https://doi.org/10.7494/geom.2017.11.1.15>
- Rudenko, O. G., Bezsonov, O. O. (2011). Robust training of radial basis networks. *Cybernetics and Systems Analysis*, 47 (6), 863–870. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-011-9365-8>
- Rudenko, O. G., Bezsonov, O. O. (2014). Robust Neuroevolutionary Identification of Nonlinear Nonstationary Objects. *Cybernetics and Systems Analysis*, 50 (1), 17–30. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-014-9589-5>
- Rudenko, O. G., Bezsonov, O. O., Rudenko, S. O. (2013). Robust identification of nonlinear objects with the help of an evolving radial basis network. *Cybernetics and Systems Analysis*, 49 (2), 173–182. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-013-9497-0>
- Rudenko, O., Bezsonov, O. (2011). Function Approximation Using Robust Radial Basis Function Networks. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 03 (01), 17–25. doi: <https://doi.org/10.4236/jilsa.2011.31003>
- Chambers, J. A., Tanrikulu, O., Constantinides, A. G. (1994). Least mean mixed-norm adaptive filtering. *Electronics Letters*, 30 (19), 1574–1575. doi: <https://doi.org/10.1049/el:19941060>
- Rakesh, P., Kumar, T. K., Albu, F. (2019). Modified Least-Mean Mixed-Norm Algorithms For Adaptive Sparse System Identification Under Impulsive Noise Environment. 2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2019.8768813>
- Papoulis, E. V., Stathaki, T. (2004). A Normalized Robust Mixed-Norm Adaptive Algorithm for System Identification. *IEEE Signal Processing Letters*, 11 (1), 56–59. doi: <https://doi.org/10.1109/lsp.2003.819353>
- Arenas-García, J., Figueiras-Vidal, A. R. (2005). Adaptive combination of normalised filters for robust system identification. *Electronics Letters*, 41 (15), 874. doi: <https://doi.org/10.1049/el:20051936>
- Rudenko, O., Bezsonov, O., Lebediev, O., Serdiuk, N. (2019). Robust identification of non-stationary objects with nongaussian interference. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (101)), 44–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181256>
- Walach, E., Widrow, B. (1984). The least mean fourth (LMF) adaptive algorithm and its family. *IEEE Transactions on Information Theory*, 30 (2), 275–283. doi: <https://doi.org/10.1109/tit.1984.1056886>
- Bershad, N. J., Bermudez, J. C. M. (2011). Mean-square stability of the Normalized Least-Mean Fourth algorithm for white Gaussian inputs. *Digital Signal Processing*, 21 (6), 694–700. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2011.06.002>
- Eweda, E., Zerguine, A. (2011). New insights into the normalization of the least mean fourth algorithm. *Signal, Image and Video Processing*, 7 (2), 255–262. doi: <https://doi.org/10.1007/s11760-011-0231-y>
- Eweda, E. (2012). Global Stabilization of the Least Mean Fourth Algorithm. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 60 (3), 1473–1477. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2011.2177976>
- Eweda, E., Bershad, N. J. (2012). Stochastic Analysis of a Stable Normalized Least Mean Fourth Algorithm for Adaptive Noise Canceling With a White Gaussian Reference. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 60 (12), 6235–6244. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2012.2215607>
- Hubscher, P. I., Bermudez, J. C. M., Nascimento, Vi. H. (2007). A Mean-Square Stability Analysis of the Least Mean Fourth Adaptive Algorithm. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55 (8), 4018–4028. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2007.894423>
- Zhang, S., Zhang, J. (2015). Fast stable normalised least-mean fourth algorithm. *Electronics Letters*, 51 (16), 1276–1277. doi: <https://doi.org/10.1049/el.2015.0421>
- Guan, S., Meng, C., Biswal, B. (2019). Optimal step-size of least mean absolute fourth algorithm in low SNR. arXiv. Available at: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1908/1908.08165.pdf>
- Asad, S. M., Moinuddin, M., Zerguine, A., Chambers, J. (2019). A robust and stable variable step-size design for the least-mean fourth algorithm using quotient form. *Signal Processing*, 162, 196–210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2019.04.021>
- Bin Mansoor, U., Mayyala, Q., Moinuddin, M., Zerguine, A. (2017). Quasi-Newton least-mean fourth adaptive algorithm. 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). doi: <https://doi.org/10.23919/eusipco.2017.8081689>
- Sadiq, A., Usman, M., Khan, S., Naseem, I., Moinuddin, M., Al-Saggaf, U. M. (2019). q-LMF: Quantum Calculus-Based Least Mean Fourth Algorithm. *Fourth International Congress on Information and Communication Technology*, 303–311. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0637-6_25
- Zerguine, A., Cowan, C. F. N., Bettayeb, M. (1996). LMS-LMF adaptive scheme for echo cancellation. *Electronics Letters*, 32 (19), 1776. doi: <https://doi.org/10.1049/el:19961202>
- Zerguine, A., Aboulnasr, T. (2000). Convergence analysis of the variable weight mixed-norm LMS-LMF adaptive algorithm. *Conference Record of the Thirty-Fourth Asilomar Conference*

- on Signals, Systems and Computers (Cat. No.00CH37154). doi: <https://doi.org/10.1109/acssc.2000.910959>
32. Zerguine, A. (2012). A variable-parameter normalized mixed-norm (VPNMN) adaptive algorithm. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2012 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/1687-6180-2012-55>
 33. Rudenko, O., Bezsonov, O., Serdiuk, N., Oliinyk, K., Romanyk, O. (2020). Workable identification of objects based on minimization of combined functional. *Information Processing Systems*, 1 (160), 80–88. doi: <https://doi.org/10.30748/soi.2020.160.10>
 34. Price, R. (1958). A useful theorem for nonlinear devices having Gaussian inputs. *IEEE Transactions on Information Theory*, 4 (2), 69–72. doi: <https://doi.org/10.1109/tit.1958.1057444>
 35. Gladyshev, E. G. (1965). On Stochastic Approximation. *Theory of Probability & Its Applications*, 10 (2), 275–278. doi: <https://doi.org/10.1137/1110031>
 36. Spiegel, M. R., Lipschutz, S., Liu, J. (2008). *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*. McGraw Hill.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210720

FORMING A METHOD FOR THE INTEGRAL ESTIMATION OF INTERFACE QUALITY IN AUTOMATED SYSTEMS BASED ON THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INDICATORS (p. 47–53)

Alexander Trunov

Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8524-7840>

Vitalii Koshovyi

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9592-7439>

Informatization is considered an integral part of the functioning of the present-day society, which changes the nature of human-computer interaction and interface. It was substantiated that the interface quality determines the success of software marketing. It was shown that quality is estimated by both quantitative and qualitative indicators. Their calculation is complicated because of the lack of an analytical model of usability. Two Euclidean norms in the form of the root mean square value and the largest value of the modulus of the set of attribute values were proposed for continuous factor attributes. The problem was reduced to a geometric inequality by applying development into the Maclaurin series and a three-level comparator. Expressions of the upper and lower boundaries of the generalized index of interface quality represented through a set of attribute estimates were obtained. Expressions of the maximum possible absolute and relative errors represented by the method of recurrent approximation through the first and second derivative of the trend were substantiated. Representation of data in a plane with one common axis turned by a certain angle was applied which enabled fast viewing of all planes. It was shown that when all attributes have a quantitative dimension, it is sufficient to apply one norm to estimate the generalized index. However, in the case of quantitative and qualitative estimations, consecutive application of norms for the root mean square and the maximum possible value of the module solves the problem of comprehensive generalized estimation of interface quality. Experimental study of estimation of the generalized quality of the user interfaces for the MedInfoService medical information system which covers automation of cura-

tive treatment processes in outpatient clinics and hospitals was presented.

Keywords: software interface, generalized estimation, Euclidean norms, quantitative and qualitative attributes, spatial-planar trend.

References

1. Wixon, D., Wilson, C. (1997). The Usability Engineering Framework for Product Design and Evaluation. *Handbook of Human-Computer Interaction*, 653–688. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-044481862-1.50093-5>
2. ISO 9241-210:2019(en) Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en>
3. ISO 9241-112:2017(en) Ergonomics of human-system interaction – Part 112: Principles for the presentation of information. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-112:ed-1:v1:en>
4. Mandel, T. (2001). *Razrabotka pol'zovatel'skogo interfeysa*. Moscow: DMK Press, 416.
5. Unger, R., Chendler, K. (2011). *Dizayn: Prakticheskoe rukovodstvo po testirovaniyu opyta vzaimodeystviya*. Sankt-Peterburg: Simvol-Plyus, 336.
6. Scriven, M. B. (1967). The methodology of evaluation. *Perspectives of Curriculum Evaluation*. Chicago, 39–83.
7. Adelman, L., Riedel, S. L. (1997). *Handbook for Evaluating Knowledge-Based Systems*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6171-2>
8. Hix, D., Hartson, H. R. (1993). *Developing user interfaces: Ensuring usability through product and process*. John Wiley & Sons.
9. Nielsen, J., Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Empowering People - CHI '90*. doi: <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
10. Whitefield, A., Wilson, F., Dowell, J. (1991). A framework for human factors evaluation. *Behaviour & Information Technology*, 10 (1), 65–79. doi: <https://doi.org/10.1080/01449299108924272>
11. Nielsen, J., Mack, R. (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, Inc., 337.
12. Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, 362. doi: <https://doi.org/10.1016/c2009-0-21512-1>
13. Dumas, J. S., Redish, J. (1993). *A Practical Guide to Usability Testing*. Norwood: Ablex, 367.
14. Nielsen, J., Mack, R. (Eds.) (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley and Sons, 448.
15. Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C., Polson, P. (1994). *The cognitive walkthrough method: a practitioner's guide: Usability Inspection Methods*. Wiley, 105–140.
16. Ines, G., Makram, S., Mabrouka, C., Mourad, A. (2017). Evaluation of Mobile Interfaces as an Optimization Problem. *Procedia Computer Science*, 112, 235–248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.234>
17. Wong, C. Y., Khong, C. W., Chu, K. (2012). Interface Design Practice and Education Towards Mobile Apps Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 51, 698–702. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.227>
18. Diaz-Bossini, J.-M., Moreno, L. (2014). Accessibility to Mobile Interfaces for Older People. *Procedia Computer Science*, 27, 57–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.02.008>
19. Zhitnikov, V. P., Sheryhalina, N. M. (1999). Otsenka dostovernosti chislennyh rezul'tatov pri nalichii neskol'kih metodov resheniya zadachi. *Vychislitel'nye tehnologii*, 4 (6), 77–87.

20. Jason, B., Calitz, A., Greyling, J. (2010). The evaluation of an adaptive user interface model. Proceedings of the 2010 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on - SAICSIT '10. doi: <https://doi.org/10.1145/1899503.1899518>
21. Kovalchuk, A. M., Levytskyi, V. H. (2002). Rozrobka adaptivnoho interfeisu korystuvacha prohrainoi systemy chyselnoho analizu matematychnykh zadach. *Visnyk ZhITI*, 20, 111–119.
22. Bias, R. (1994). *The Pluralistic Usability Walkthrough: Coordinated Empathies*. Usability Inspection Methods. John Wiley.
23. Petrov, K. E., Kryuchkovskiy, V. V. (2009). Komparatornaya strukturno-parametricheskaya identifikatsiya modeley skalyarnogo mnogofaktornogo otsenivaniya. Kherson: Oldi-plyus, 294.
24. Trunov, A., Beglytsia, V. (2019). Synthesis of a trend's integral estimate based on a totality of indicators for a time series data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (98)), 48–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163922>
25. Trunov, A. (2015). An adequacy criterion in evaluating the effectiveness of a model design process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (73)), 36–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.37204>
26. Trunov, A. (2017). Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. *computer systems for healthcare and medicine*, 213–248.
27. Shchelkalin, V. (2015). A systematic approach to the synthesis of forecasting mathematical models for interrelated non-stationary time series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (74)), 21–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40065>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210750

USING PDE MODEL AND SYSTEM DYNAMICS MODEL FOR DESCRIBING MULTI-OPERATION PRODUCTION LINES (p. 54–60)

Oleh Pihnastyi

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5424-9843>

Daria Yemelianova

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9687-7816>

Dmytro Lysytsia

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1778-4676>

Two classes of models for describing production flow lines are analyzed. The use of models of these classes for the design of highly efficient control systems of production lines, the technological route of which consists of a large number of technological operations, is analyzed. The division of the technological route into a large number of operations is caused by the development trend of modern production lines. Synchronization of production line equipment performance is provided by an accumulating buffer. A formalized description of the production line was used as a foundation for constructing equations for each models class. The common features of using each models class in the description of production systems, as well as the conditions for their application are shown. The form of the system dynamics model and PDE model equations is substantiated. The assumption

about a deterministic rate of processing parts and the absence of a time delay and feedback between the parameters of technological operations was made when deriving the equations. The use of generalized technological operations in the system dynamics model as a way to reduce the number of model equations is discussed. Two limiting transitions from the PDE model equations to the system dynamics equations are demonstrated. It is shown that the system dynamics equations are a special case of the PDE model equations, the result of aggregation of production line parameters within the technological operation. The method for constructing level equations for the system dynamics model is substantiated. For production lines with a different number of operations, the solution to the problem of processing parts along a production line is presented. The comparative analysis of the solutions obtained using the system dynamics and PDE model equations is obtained.

Keywords: production line, technological route, system dynamics, PDE production model.

References

- GOST 3.1109.82. Terminy i opredeleniya osnovnykh ponyatiy (2003). Gosstandart Rossii, 15.
- Lefebber, A. J., Armbruster, H. D. (2007). *Aggregate modeling of manufacturing systems*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Perdaen, D., Armbruster, D., Kempf, K., Lefebber, E. (2008). Controlling a re-entrant manufacturing line via the push-pull point. *International Journal of Production Research*, 46 (16), 4521–4536. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540701258051>
- Vollmann, T. E., Berry, L., Whybark, D. C., Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. McGraw-Hill, 576.
- Armbruster, D., Ringhofer, C., Jo, T.-C. (2004). Continuous models for production flows. Proceedings of the 2004 American Control Conference. doi: <https://doi.org/10.23919/acc.2004.1384034>
- Liang, Z. (2009). *System-theoretic properties of Production Lines*. University of Michigan, 289.
- Berg, R. (2004). Partial differential equations in modelling and control of manufacturing systems. *Eindhoven Univ. Technol*, 157.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: M.I.T. Press, 464.
- Pihnastyi, O. M. (2018). *Statistical theory of control systems of the flow production*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 436.
- Shkurba, V. V., Boldyreva, V. A., V'yun, A. A. (1975). *Planirovanie diskretnogo proizvodstva v usloviyah ASU*. Kyiv: Tehnika, 296.
- Coyle, R. G. (1996). *System Dynamics Modelling: A Practical Approach*. Chapman & Hall, 432.
- Wolstenholme, E. F. (1990). *System Enquiry: A System Dynamics Approach*. John Wiley & Sons Inc., 258.
- Wolstenholme, E. (2004). Using generic system archetypes to support thinking and modelling. *System Dynamics Review*, 20 (4), 341–356. doi: <https://doi.org/10.1002/sdr.302>
- Goodman, M. R. (1974). *Study Notes in System Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press, 388.
- Burns, J. R., Ulgen, O. (2002). A Component Strategy for the Formulation of System Dynamics Models. *System Dynamics Conference*.
- Demuckij, V. P., Pihnastaja, V. S., Pihnastyi, O. M. (2003). Theory of the enterprise: the stability of the functioning of mass production and promotion of products on the market. *Kharkiv: KhNU*, 272. doi: <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.5018.7123>
- Armbruster, D., Marthaler, D. E., Ringhofer, C., Kempf, K., Jo, T.-C. (2006). A Continuum Model for a Re-entrant Fac-

- tory. *Operations Research*, 54 (5), 933–950. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.1060.0321>
18. Armbruster, D., Marthaler, D., Ringhofer, C. (2003). Kinetic and Fluid Model Hierarchies for Supply Chains. *Multiscale Modeling & Simulation*, 2 (1), 43–61. doi: <https://doi.org/10.1137/s1540345902419616>
 19. Lefebvre, E. (2005). Nonlinear Models for Control of Manufacturing Systems. *Nonlinear Dynamics of Production Systems*, 71–83. doi: <https://doi.org/10.1002/3527602585.ch5>
 20. Wolstenholm, E. (1980). Designing and assessing the benefits of control policies for conveyor belt systems in underground mines. *Dynamica*, 6 (2), 25–35.
 21. Lopes, T. C., Sikora, C. G. S., Michels, A. S., Magatão, L. (2017). Mixed-model assembly lines balancing with given buffers and product sequence: model, formulation comparisons, and case study. *Annals of Operations Research*, 286 (1-2), 475–500. doi: <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2711-0>
 22. Pignastyi, O. M., Khodusov, V. D. (2018). Optimal Control Problem for a Conveyor-Type Production Line. *Cybernetics and Systems Analysis*, 54 (5), 744–753. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0076-2>
 23. Pignasty, O. M. (2015). Review of governance models production lines manufacturing systems. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika*, 34 (1), 137–152.
 24. Tian, F., Willems, S. P., Kempf, K. G. (2011). An iterative approach to item-level tactical production and inventory planning. *International Journal of Production Economics*, 133 (1), 439–450. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.011>
 25. Pignastyy, O. M., Zaruba, V. Ya. (2013). Kontinual'noe modelirovanie proizvodstva na potochnyh liniyah. *Mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya: tezisy dokladov 6-oy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (MKPU-2013). Vol. 3. Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta*, 157–161.
 26. Pihnastyi, O. (2016). Statistical validity and derivation of balance equations for the two-level model of a production line. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 17–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81308>
 27. Azarenkov, N. A., Pignasty, O. M., Khodusov, V. D. (2011). To the question of similarity of technological processes of the industrial technical systems. *Dopovidi Natsionalnoi akademiyi nauk Ukrainy*, 2, 29–35.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209172**DEVELOPMENT OF AN ACCELERATING HUNGARIAN METHOD FOR ASSIGNMENT PROBLEMS (p. 6–13)****Elias Munapo**

Угорський метод є добре відомим методом вирішення задач про призначення. Цей метод був розроблений і опублікований в 1955 році. Він був названий угорським методом, так як були використані дві теореми двох угорських математиків. У 1957 році було відмічено, що цей алгоритм є сильно поліноміальним і має складність порядку $O(n^4)$. Тому угорський метод також відомий як алгоритм Куна-Манкреса. Пізніше, в 1971 році, складність методу була поліпшена до порядку $O(n^3)$. Для створення одного нуля в кожній ітерації вибирається найменший непокритий елемент. Це є недоліком, який усувається шляхом вибору більше одного найменшого непокритого елемента, створюючи таким чином більше одного нуля на кожній ітерації, щоб отримати те, що ми тепер називаємо прискорюючим угорським (ПУ) методом.

З чисельної ілюстрації угорського методу, наведеної в цій статті, потрібно 6 ітерацій для досягнення оптимальності. Також показано, що вибір одного найменшого непокритого елемента робить угорський метод неефективним при створенні нулів. З тієї ж чисельної ілюстрації запропонованого алгоритму (ПУ), також наведеної в цій статті, можна відзначити, що для досягнення оптимальності потрібна тільки одна ітерація, і що в цілому за одну ітерацію створюється шість нулів.

Модель призначення і угорський метод застосовуються при вирішенні задачі про призначення цілей (ПЦ). Це задача про призначення зброї цілям з урахуванням максимальної ймовірності ураження. Задача про призначення також використовується в задачі планування роботи лікарів і медичного персоналу в амбулаторних відділеннях великих лікарень з декількома філіями. Математичне моделювання цієї задачі про призначення призводить до складних завдань. Зазвичай використовується гібридний метаевристичний алгоритм СКА-ПЧО, що поєднує в собі синус-косинус алгоритм (СКА) і пошук з почерезними околицями (ППО), заснований на ітеративному угорському алгоритмі.

Ключові слова: угорський метод, задача про призначення, теорема Кеніга, теорема Егерварі, алгоритм Куна-Манкреса.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210103**EXECUTION OF ARITHMETIC OPERATIONS INVOLVING THE SECOND-ORDER FUZZY NUMBERS (p. 14–20)****L. Raskin, O. Sira**

Потреба щодо підвищення адекватності традиційних моделей невизначеності вихідних даних для проведення досліджень з використанням методів нечіткої математики привела до розробки природного удосконалення аналітичного опису функцій приналежності нечітких чисел. Відповідно до цього, зокрема, для опису функцій належності трипараметричних нечітких чисел (L-R)-типу модифікація полягає в наступному. Прийнято, що параметри цих функцій (модальне значення, лівий і правий коефіцієнти нечіткості) задаються нечітко своїми функціями належності. Отримувані таким чином числа названі нечіткими числами другого порядку (бінечіткими). При цьому проблема полягає у відсутності правил виконання операцій над такими нечіткими числами. В роботі запропоновано і обґрунтовано систему правил виконання операцій для широко використовуваного і ефективного класу нечітких чисел (L-R)-типу, параметри функцій приналежності яких задані нечітко. Ці правила отримані в результаті узагальнення відомих правил виконання операцій над звичайними нечіткими числами. Отримано аналітичні співвідношення для розрахунку числових значень параметрів функцій належності нечітких результатів виконання арифметичних операцій (додавання, віднімання, множення, ділення) над нечіткими числами другого порядку. Відзначено, що отримана система правил узагальнюється на випадок, коли порядок нечіткості чисел – операндів вище другого. Наведені приклади виконання операцій над нечіткими числами (L-R)-типу другого порядку.

Ключові слова: нечіткі числа (L-R)-типу, другий порядок, алгебра операцій, арифметичні операції, правила виконання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209886**THE USE OF PROBABILISTIC LATENT SEMANTIC ANALYSIS TO IDENTIFY SCIENTIFIC SUBJECT SPACES AND TO EVALUATE THE COMPLETENESS OF COVERING THE RESULTS OF DISSERTATION STUDIES (p. 21–28)****P. Lizunov, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, S. Biloshchytska**

Розглядається дослідження можливостей застосування латентного семантичного аналізу для задач ідентифікації предметних наукових просторів та виявлення повноти висвітлення результатів дисертаційних досліджень здобувачами наукового ступеня.

Побудовано ймовірнісну тематичну модель, яка дозволяє виконати кластеризацію публікацій науковців за науковими напрямками з врахуванням мережі цитування, що є важливим кроком для розв'язування задачі ідентифікації предметних наукових просторів. В результаті побудови моделі вирішена проблема зростання нестабільності кластеризації графу цитування у зв'язку зі зменшенням кількості кластерів. Ця проблема виникає при об'єднанні кластерів, побудованих на основі кластеризації графу цитування з врахуванням подібності анотацій наукових публікацій.

Описано представлення текстових документів на основі ймовірнісної тематичної моделі з використанням n-грамів. Побудовано ймовірнісну тематичну модель для задачі встановлення повноти висвітлення матеріалів дисертаційних досліджень автора в його на-

укових публікаціях. Розраховано наближені значення порогових коефіцієнтів, які визначають чи враховані в статтях автора положення, які відображені в тексті автореферату дисертації. Було проведено навчання ймовірнісної тематичної моделі за публікаціями автора на основі інструменту BigARTM. Використовуючи навчену модель та з використанням спеціального регуляризатора було знайдено матрицю належності тем, які визначаються сегментами авторефератів дисертації автора до документів, які визначаються публікаціями автора.

Розглянуті важливі аспекти можливостей застосування латентного семантичного аналізу для задач ідентифікації предметних наукових просторів та виявлення повноти висвітлення результатів дисертаційних досліджень здобувачами наукового ступеня.

Ключові слова: ймовірнісний латентний семантичний аналіз, кластеризація, предметний науковий простір, тематична модель.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209256

DEVELOPMENT OF MODELS FOR THE RATIONAL CHOICE AND ACCOMMODATION OF PEOPLE IN MOBILE TECHNICAL VEHICLES WHEN EVACUATING FROM BUILDINGS (p. 29–36)

A. Pankratov, V. Komyak, K. Kyazimov, V. Komyak, A. Naydysh, A. Danilin, A. Kosse, G. Virchenko, V. Martynov

Значне зростання обсягів висотного будівництва надає особливої актуальності та гостроти проблемі безпеки подібних споруд. Для таких будівель розробляються науково-обґрунтовані плани евакуації людей, що включають різноманітні сценарії евакуації людей з будівель. Сценарії включають моделювання руху людських потоків коридорами, сходами, за допомогою ліфтів, за допомогою мобільних засобів аварійної евакуації.

Нерозв'язаною частиною проблеми є задача раціонального вибору та розміщення людей по стаціонарним і мобільним засобам евакуації.

Розроблена МІР модель раціонального вибору та розміщення людей по мобільним технічним засобам при евакуації з будівель. Розглянуто окремі випадки моделі – оптимізацію розміщення людей в засобі аварійної евакуації згідно послідовності надходження людей з рухомого потоку. Проаналізовано властивості моделі, основні з яких: модель задачі змішаного цілочисельного програмування, функція мети якої кусково-постійна. Перелічені властивості моделі дозволили звести задачу до послідовності підзадач розміщення людей згідно послідовності їх надходження, а математична модель кожної з підзадач адаптована під рішення методом мультістарту із застосуванням штучного базису.

Як об'єкт розміщення (тіло людини) розглядається трьохкомпонентна модель. На модель накладаються обмеження, що забезпечують умови "склеювання" компонент моделі в єдиний складний об'єкт, і розглядаються неперервні обертання компонент моделі з обмеженнями на кути їх повороту. Запропоновані моделі та модифіковані в роботі методи розв'язання дозволяють знаходити як конфігурації оптимально-локальних розміщень складних об'єктів, так і просторові форми самих об'єктів розміщення.

Ключові слова: мобільні засоби евакуації, конфігурація розміщення, локально-оптимальні рішення, трикомпонентна модель об'єкта, квазі- ϕ -функції.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210129

STUDYING THE PROPERTIES OF A ROBUST ALGORITHM FOR IDENTIFYING LINEAR OBJECTS, WHICH MINIMIZES A COMBINED FUNCTIONAL (p. 37–46)

O. Rudenko, O. Bezsonov, O. Lebediev, V. Lebediev, K. Oliinyk

Розглядається задача ідентифікації параметрів лінійного об'єкта за наявністю негаусівських завад. Алгоритм ідентифікації є градієнтною процедурою мінімізації комбінованого функціоналу. Комбінований функціонал, в свою чергу, складається з функціоналу четвертого ступеня та модульного, ваги яких встановлюються за допомогою параметра змішування. Така комбінація функціоналів дозволяє отримати оцінки, що володіють робастними властивостями. Визначено умови збіжності процедури, що застосовується, в середньому і середньоквадратичному за наявністю негаусівських завад вимірів. Крім того, отримано вирази для визначення оптимальних значень параметрів алгоритму, що забезпечують його максимальну швидкість збіжності. На основі отриманих оцінок визначено асимптотичні та не асимптотичні значення похибок оцінювання параметрів і похибок ідентифікації. У зв'язку з тим, що отримані вирази містять ряд невідомих параметрів (значення дисперсій сигналів і завад), для їх практичного застосування слід використовувати оцінки цих параметрів.

Досліджено питання сталості усталеного процесу ідентифікації та визначено умови цієї сталості. Показано, що для визначення цих умов необхідно вирішувати рівняння третього ступеня, коефіцієнти якого залежать від особливостей задачі, яка вирішується. Отримані співвідношення є досить громіздкими, однак їх спрощення дозволяє провести якісний аналіз питань сталості. Слід зазначити, що всі отримані в роботі оцінки залежать від вибору параметра змішування, проблема визначення якого залишається відкритою.

Отримані в даній роботі оцінки дозволяють досліднику попередньо оцінити можливості алгоритму ідентифікації та ефективність його використання при вирішенні практичних задач.

Ключові слова: комбінований функціонал, градієнтний алгоритм, параметр зважування, асимптотична оцінка, точність ідентифікації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210720

FORMING A METHOD FOR THE INTEGRAL ESTIMATION OF INTERFACE QUALITY IN AUTOMATED SYSTEMS BASED ON THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INDICATORS (p. 47–53)

A. Trunov, V. Koshovyi

Розглядається інформатизація як невід'ємна частина функціонування сучасного суспільства, що змінює характер людино-машинної взаємодії та інтерфейсу. Обґрунтовано, що якість інтерфейсу визначає успіх просування програмного забезпечення (ПЗ) на

ринок. Показано, що оцінка якості дається як кількісними так і якісними показниками, розрахунок якої ускладнено відсутністю аналітичної моделі її «юзабіліті». Запропоновано для неперервних ознак факторів дві евклідові норми у вигляді середньо квадратичного та найбільшого значення модуля множини значень ознак. Застосуванням розвинення у ряд Маклорена та трирівневого компаратора задачу зведено до геометричної нерівності. Отримано вирази верхньої та нижньої границі узагальненого показника якості інтерфейсу, що представлено через сукупність оцінок ознак. Обґрунтовано вирази максимально можливих абсолютних та відносних похибок, що за допомогою методу рекурентної апроксимації представлено через першу та другу похідну тренду. Застосовано представлення даних на площині за однією спільною віссю, яка обертається на визначений кут, тоді всі площини допускають швидкий перегляд. Показано, коли всі ознаки мають кількісний вимір, то достатньо застосовувати до побудови оцінки узагальненого показника одну норму. Однак при наявності кількісних та якісних оцінок послідовне застосування норм: середнє квадратичного та максимально можливого значення модуля, розв'язує проблему комплексної узагальненої оцінки якості інтерфейсу. Представлено експериментальне дослідження оцінки узагальненого показника якості інтерфейсу користувача медичної інформаційної системи "МедІнфоСервіс", що охоплює автоматизацію лікувальних процесів амбулаторно-поліклінічних закладів і стаціонарів.

Ключові слова: інтерфейс ПЗ, узагальнена оцінка, евклідові норми, кількісно-якісні ознаки, просторово-площинний тренд.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210750

USING PDE MODEL AND SYSTEM DYNAMICS MODEL FOR DESCRIBING MULTI-OPERATION PRODUCTION LINES (p. 54–60)

O. Pihnastyi, D. Yemelianova, D. Lysytsia

Виконано аналіз двох класів моделей опису виробничих поточкових ліній. Проаналізовано використання моделей даних класів для проектування високоефективних систем управління виробничими поточними лініями, технологічний маршрут яких складається з великої кількості технологічних операцій. Розділення технологічного маршруту на велику кількість операцій викликане тенденцією розвитку сучасних виробничих ліній. Синхронізація продуктивності обладнання поточної лінії забезпечується акумулюючим буфером. В якості фундаменту для побудови рівнянь кожного класу моделей використано формалізований опис виробничої поточної лінії. Показані загальні риси і особливості використання кожного класу моделей при описі виробничих систем, а також умови їх застосування. Обґрунтовано вигляд рівнянь моделі системної динаміки і рівнянь PDE-моделі. При виведенні рівнянь використано припущення про детермінований темп обробки деталей і відсутність тимчасової затримки і зворотних зв'язків між параметрами технологічних операцій. Обговорюється використання узагальнених технологічних операцій в моделі системної динаміки в якості способу скорочення кількості рівнянь моделі. Продемонстровано два граничних переходи від рівнянь PDE-моделі до рівнянь системної динаміки. Показано, що рівняння системної динаміки є окремим випадком рівнянь PDE-моделі, результатом агрегування параметрів виробничої лінії в межах технологічної операції. Обґрунтовано метод побудови рівнянь рівня для моделі системної динаміки. PDE-моделі. Для поточкових ліній з різною кількістю операцій продемонстровано рішення задачі про рух деталей по поточній лінії. Виконано порівняльний аналіз рішень, отриманих з використанням рівнянь системної динаміки і PDE-моделі.

Ключові слова: виробнича лінія, технологічний маршрут, системна динаміка, PDE-модель виробництва.