

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254122

**DEVELOPMENT OF A METHOD TO IMPROVE THE RELIABILITY OF ASSESSING THE CONDITION OF THE MONITORING OBJECT IN SPECIAL-PURPOSE INFORMATION SYSTEMS (p. 6–14)**

**Oleg Sova**

Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

**Hryhorii Radzivilov**

Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6047-1897>

**Andrii Shyshatskyi**

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

**Pavel Shvets**

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4213-0730>

**Valentyna Tkachenko**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5147-0772>

**Serhii Nevhad**

The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1557-9831>

**Oleksandr Zhuk**

Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3546-1507>

**Serhii Kravchenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8163-8027>

**Bohdan Molodetskyi**

Research Institute of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2704-7963>

**Hennadii Miahkykh**

Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4491-5395>

The peculiarities of modern military conflicts significantly increase the requirements for the efficiency of object state assessment. Therefore, it is necessary to develop algorithms (methods and techniques) that can assess the state of the monitoring object from different sources of intelligence for a limited time and with a high degree of reliability. Accurate and objective object analysis requires multi-parameter estimation with significant computational costs. That is why

the following tasks were solved in the study: the formalization of the assessment of monitoring objects was carried out, a method of increasing the efficiency of assessing the condition of monitoring objects was developed and an efficiency assessment was carried out. The essence of the proposed method is the hierarchical hybridization of binary classifiers and their subsequent training.

The method has the following sequence of actions: determining the degree of uncertainty, constructing a classifier tree, determining belonging to a particular class, determining object parameters, pre-processing data about the object of analysis and hierarchical traversal of the tree.

The novelty of the method lies in taking into account the type of uncertainty and noise of the data and taking into account the available computing resources of the object state analysis system. The novelty of the method also lies in the use of combined training procedures (lazy training and training procedure for evolving neural networks) and selective use of system resources by connecting only the necessary types of detectors.

The method allows you to build a top-level classifier using various low-level schemes for combining them and aggregating compositions. The method increases the efficiency of data processing by 12–20 % using additional advanced procedures.

**Keywords:** special-purpose information systems, efficiency of information processing, computing power.

## References

- Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. Ozbroiennia ta viyskova tekhnika, 1 (5), 35–40.
- 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>
- Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
- Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 78–89. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
- Zuiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et. al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (9 (106)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
- Shyshatskyi, A. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9 (4), 5583–5590. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>

7. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. doi: [https://doi.org/10.46338/ijetae0521\\_05](https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05)
8. Rotshteyn, A. P. (1999). *Intellectualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnitsa: «UNIVERSUM», 320.
9. Alpeeva, E. A., Volkova, I. I. (2019). The use of fuzzy cognitive maps in the development of an experimental model of automation of production accounting of material flows. *Russian Journal of Industrial Economics*, 12 (1), 97–106. doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
10. Zagranovskaya, A. V., Eissner, Y. N. (2017). Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 10, 33–47. doi: <https://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
11. Simankov, V. S., Putyato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. *Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii*, 13, 31–35.
12. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
13. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
14. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
15. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
16. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
17. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
18. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
19. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
20. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. doi: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
21. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivniy podkhod k imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh sistem. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskije nauki*, 3, 239–250.
22. 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>
23. Mahdi, Q. A., Shyshatskyi, A., Prokopenko, Y., Ivakhnenko, T., Kupriyenko, D., Golian, V. et al. (2021). Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 51–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>
24. Emel'yanov, V. V., Kureychik, V. V., Kureychik, V. M., Emel'yanov, V. V. (2003). *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya*. Moscow: Fizmatlit, 432.
25. Gorokhovatsky, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 5–12. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
26. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. (2020). Building Decision Support Systems based on Fuzzy Data. *Advanced Information Systems*, 4 (4), 48–56. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>
27. Meleshko, Y., Driev, O., Drieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
28. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
29. Shyshatskyi, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., Lyashenko, A. (2020). Method of assessment of the efficiency of the communication of operational troop grouping system. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 107–112. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
30. 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>
31. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., Ugryn, D. (2017). Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
32. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the second-order adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
33. Gorbenko, I., Ponomar, V. (2017). Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
34. Lovska, A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 49–54. Available at: [https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI\\_2015\\_1/10%20Lovska.pdf](https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_1/10%20Lovska.pdf)

35. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry. *Acta Polytechnica*, 60 (6). doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253821

**BUILDING A MODEL OF SUPPLY CHAINS DUOPOLY TAKING INTO ACCOUNT THE MARKETING AND INNOVATIVE ACTIVITIES OF MANUFACTURING ENTERPRISES (p. 15–21)**

**Yuliia Kurudzhy**

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-593X>

**Iryna Mayorova**

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9286-2665>

**Iryna Moskvichenko**

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5223-1212>

This paper reports the construction and analysis of the economic and mathematical model of the duopoly of supply chains, based on the model of optimization of plans for the release and delivery of multi-range articles, taking into consideration the marketing and innovative activities of industrial enterprises. Demand for goods is supposed to be an increasing function of advertising costs. In this case, marketing investments affect only the base selling prices of articles and do not affect competitive discounts. The explicit form of this dependence can be established as a result of marketing research. It is also assumed that investments in innovative technological projects could reduce industrial costs; production costs are decreasing functions of the size of the investment. It is believed that the demand function is linearly dependent on the total volume of output produced. The criterion of optimality for supply chains is the maximum of the total profit received from the sale and delivery of finished products to points of consumption, taking into consideration the costs of production and advertising. As a result of this study, equilibrium solutions of the duopoly according to Cournot and Stackelberg were found. That has made it possible to determine the optimal values of product volumes for output, the size of investment investments, as well as product advertising costs. The model helped study the impact of investment deductions and advertising costs on the acquisition of competitive advantages by manufacturing enterprises. A numerical illustration of the results obtained is given. The proposed approach could be used to build and analyze dynamic optimization models taking into consideration the innovation and marketing activities of enterprises, as well as to study other market structures.

**Keywords:** supply chain, duopoly, equilibrium solution, marketing activity, innovation activity, industrial enterprise, competitive environment.

## References

- Ji, Y., Li, M., Qu, S. (2018). Multi-objective linear programming games and applications in supply chain competition. *Future Generation Computer Systems*, 86, 591–597. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.041>
- Li, S., Lai, M., Xue, W. (2018). Bundling Strategy and Channel Competition in Supply Chains with Complementary Products. *Procedia Computer Science*, 126, 1730–1739. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.104>
- Mahmoodi, A. (2020). Stackelberg-Nash equilibrium of pricing and inventory decisions in duopoly supply chains using a nested evolutionary algorithm. *Applied Soft Computing*, 86, 105922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105922>
- Sjoerdsma, M., van Weele, A. J. (2015). Managing supplier relationships in a new product development context. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 21 (3), 192–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2015.05.002>
- Gualandris, J., Kalchschmidt, M. (2014). Customer pressure and innovativeness: Their role in sustainable supply chain management. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 20 (2), 92–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2014.03.001>
- Krykavskyy, Y., Yakymyshyn, L. (2018). Complexity of marketing and logistics strategies in the supply chain of fast moving consumer goods. *Marketing and digital technologies*, 2 (1), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15276/mdt.2.1.2018.2>
- Klepikova, O. (2020). On influence of supply firm's market policy on optimization of its ordering policy within supply chain. *Herald of Khmelnytskyi National University*, 288 (6), 130–133. doi: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2020-288-6-20>
- Peng, Y., Lu, Q., Xiao, Y., Wu, X. (2019). Complex dynamics analysis for a remanufacturing duopoly model with nonlinear cost. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 514, 658–670. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.143>
- Sinha, A., Malo, P., Frantsev, A., Deb, K. (2014). Finding optimal strategies in a multi-period multi-leader-follower Stackelberg game using an evolutionary algorithm. *Computers & Operations Research*, 41, 374–385. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.07.010>
- Yue, D., You, F. (2017). Stackelberg-game-based modeling and optimization for supply chain design and operations: A mixed integer bilevel programming framework. *Computers & Chemical Engineering*, 102, 81–95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.07.026>
- Zijm, H., Klumpp, M., Clausen, U., Hompel, M. ten (Eds.) (2016). *Logistics and Supply Chain Innovation. Lecture Notes in Logistics*. Springer, 431. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22288-2>
- Malinovskiy, D. A., Postan, M. Ya. (2012). Ob odnoy veroyatnostnoy modeli funkcionirovaniya portovo-promyshlennogo kompleksa. *Metody ta zasoby upravlinnia rozvytkom transportnykh system*, 19 (1), 41–54. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/317021619\\_Ob\\_odnoj\\_veroatnostnoj\\_modeli\\_funkcionirovania\\_portovo-promyshlennogo\\_kompleksa](https://www.researchgate.net/publication/317021619_Ob_odnoj_veroatnostnoj_modeli_funkcionirovania_portovo-promyshlennogo_kompleksa)
- Kurudzhy, Y., Moskvichenko, I., Postan, M. (2017). Method of finding equilibrium solutions for duopoly of supply chains taking into account the innovation activity of enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (87)), 25–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103989>
- Postan, M., Kurudzhy, Y. (2021). Model of optimal of manufacturing and delivering of final product to consumers taking into account cost for marketing. *Development of Management and Entrepreneurship Methods on Transport*, 2 (75), 65–76. doi: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2021-2-65-76>

15. Postan, M. Ya., Malynovs'kiy, D. A. (2009). Model of Optimal Planning of Commodities Production and Their Delivery to Consumers by Distribution Channels. *Metody ta zasoby upravlinnia rozvytkom transportnykh system*, 15, 19–28. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/318508334\\_Model\\_optimalnogo\\_planirovania\\_proizvodstva\\_i\\_dostavki\\_produkcii\\_predpriatia\\_po\\_raspredelitelnykh\\_kanalakh](https://www.researchgate.net/publication/318508334_Model_optimalnogo_planirovania_proizvodstva_i_dostavki_produkcii_predpriatia_po_raspredelitelnykh_kanalakh)
16. Struchenkov, V. I. (2016). *Prikladnye zadachi optimizatsii*. Moscow: Solon-Press, 314.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253791**  
**OPTIMIZING UNBALANCED FREIGHT DELIVERIES IN TRANSPORTATION NETWORKS (p. 22–32)**

**Georgii Prokudin**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9701-8511>

**Alexey Chupaylenko**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2004-0355>

**Tetiana Khabotnia**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7094-6297>

**Inna Remekh**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3548-6090>

**Andrei Lyamzin**

Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6964-845X>

**Marina Kovalenko**

Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5454-0403>

This paper reports a comparative analysis of the known methods for reducing open transportation problems to a balanced form in order to further optimize freight traffic based on them. A series of significant shortcomings have been revealed that largely narrow the scope of their application. A new method has been proposed, termed the method of proportional redistribution of cargo transportation volumes among participants in the transportation process, devoid of the identified shortcomings.

The transportation problem is a special case of the general linear programming problem, to which one of the methods for solving it, namely the simplex one, can be applied. A procedure to construct a simplex table based on the data from the transport table has been described, as well as the algorithm of subsequent simplex transformations.

A transportation problem is often stated in the form of a map of the location of transport hubs of cargo dispatch and destination. A matrix-network model has been proposed, which makes it possible to reduce the network representation to a matrix form with the subsequent finding of the optimal plan for cargo transportation.

In order to identify the priority of methods for reducing open transportation problems to a balanced form, 100 transportation problems that are unbalanced in terms of the volume of cargo transportation were solved. That was done

with the help of a designed decision support system for the management of freight transport. As a criterion, the best freight transportation plan was chosen.

As a result, the simplex method proved the best in 48 cases, the coefficient method – in 27, the dummy node method – in 16, and the difference method – in 9 cases. The use of a decision support system for the management of freight transport has increased its efficiency by an average of 25%.

**Keywords:** transport network, optimization, dummy node, difference, coefficient, simplex, decision-making.

## References

1. Juman, Z. A. M. S., Nawarathne, N. G. S. A. (2019). An efficient alternative approach to solve a transportation problem. *Ceylon Journal of Science*, 48 (1), 19. doi: <https://doi.org/10.4038/cjs.v48i1.7584>
2. Jamali, A. R. M. J. U., Jannat, F., Akhtar, P. (2017). Weighted Cost Opportunity Based Algorithm for Initial Basic Feasible Solution: A New Approach in Transportation Problem. *Journal of Engineering*, 8 (1), 63–70. Available at: [https://www2.kuet.ac.bd/JES/images/files/v42/7-JES\\_1001.pdf](https://www2.kuet.ac.bd/JES/images/files/v42/7-JES_1001.pdf)
3. Jamali, A. J. U., Mondal, R. R. (2021). Modified Dynamically-updated Weighted Opportunity Cost Based Algorithm for Unbalanced Transportation Problem. *Journal of Engineering Science*, 12 (2), 119–131. doi: <https://doi.org/10.3329/jes.v12i2.54637>
4. Carp, D., Popa, C., Serban, C. (2016). A general iterative solver for unbalanced inconsistent transportation problems. *Archives of Transport*, 37 (1), 7–13. doi: <https://doi.org/10.5604/08669546.1203199>
5. Ghazali, Z., Majid, M. A. A., Shazwani, M. (2012). Optimal Solution of Transportation Problem Using Linear Programming: A Case of a Malaysian Trading Company. *Journal of Applied Sciences*, 12 (23), 2430–2435. doi: <https://doi.org/10.3923/jas.2012.2430.2435>
6. Uddin, M. S., Miah, M., Khan, M. A.-A., AlArjani, A. (2021). Goal programming tactic for uncertain multi-objective transportation problem using fuzzy linear membership function. *Alexandria Engineering Journal*, 60 (2), 2525–2533. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.12.039>
7. Ibrahim, A. A., Lonardi, A., Bacco, C. D. (2021). Optimal Transport in Multilayer Networks for Traffic Flow Optimization. *Algorithms*, 14 (7), 189. doi: <https://doi.org/10.3390/a14070189>
8. Danchuk, V., Bakulich, O., Svatko, V. (2017). An Improvement in ant Algorithm Method for Optimizing a Transport Route with Regard to Traffic Flow. *Procedia Engineering*, 187, 425–434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.396>
9. Prokudin, G., Oliskevych, M., Chupaylenko, A., Dudnik, O. (2019). Development of vehicle speed forecasting method for intelligent highway transport system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (100)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174255>
10. Prokudin, G., Lebid, I., Luzhanska, N., Chupaylenko, O. (2020). Logistics Approach to the Organization of Unbalanced Freight Transportation in Transport Networks. *Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020. Sustainability: Research and Solutions. Part I. Kaunas*, 22–26. Available at: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-A4-I-dalis.pdf>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253652**  
**CONSTRUCTION OF A SIMULATION MODEL**  
**FOR SUBSTANTIATING THE PARAMETERS**  
**OF LONG-TERM ROAD MAINTENANCE**  
**CONTRACTS (p. 33–42)**

**Alexander Kanin**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6849-2505>

**Anna Kharchenko**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8166-6389>

**Vitalii Tsybulskiy**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

**Natalia Sokolova**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0678-8882>

**Alona Shpyh**

Research Institute of Transport Problems  
 and Construction Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6909-7088>

This paper reports a study into the main parameters of long-term contracts for the maintenance of roads. Weaknesses in existing methods and models of substantiation of the initial characteristics of contracts have been identified. It is established that the main reason for the transition to long-term contracts in the road sector is the need to improve the efficiency and effectiveness of road asset management. This determines the main goal to maintain the operational condition of all components of roads at a level that ensures the satisfaction of user requirements and contributes to the preservation of assets.

A simulation model for substantiating the parameters of long-term contracts for road maintenance has been built, which makes it possible to simulate forecast assessments of the characteristics of contracts. Underlying this study is the Monte Carlo method, as well as the triangular law of distribution, models of deterioration and restoration of the condition of road elements. Taking into consideration these models, it was established that the error in justifying the parameters of long-term contracts according to the devised method is up to 10 %.

The devised model was tested by applying the developed original LTCsimula program using an example of the section of a motorway with a length of 87.3 km with an average level of requirements. According to the results of the test, the assessment of the laws of distribution of value, as well as the amount of deductions and profits of a long-term contract, was carried out. The calculation results demonstrated the model's capability to determine the strategies for the maintenance of roads, taking into consideration the risk of implementing a contract with an error of up to 3.9 %.

The practical use of the devised simulation model makes it possible to improve the efficiency of operational maintenance of roads, as well as to save from 10 % to 40 % of the cost of road maintenance.

**Keywords:** motorways, long-term contract, ultimate results, contract parameters, justification method.

## References

- Shang, L., Abdel Aziz, A. M. (2020). Stackelberg Game Theory-Based Optimization Model for Design of Payment Mechanism in Performance-Based PPPs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146 (4), 04020029. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001806](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001806)
- Kulkarni, R. B., Van Til, C. J. (1984). Manual for the selection of optimal maintenance levels of service. TRB, National Research Council, Washington, D.C. Available at: [http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_273.pdf](http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_273.pdf)
- Rutešić, S., Četković, J., Lakić, S., Živković, A., Knežević, M. (2020). Proposition of a Model for Selection of the Hybrid Contract Implementation Strategy for a Pilot Project of Regular Road Maintenance in Montenegro. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8844980>
- Geržinič, N., van Cranenburgh, S., Cats, O., Lancsar, E., Chorus, C. (2021). Estimating decision rule differences between «best» and «worst» choices in a sequential best worst discrete choice experiment. *Journal of Choice Modelling*, 41, 100307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2021.100307>
- Abu Samra, S., Osman, H., Hosny, O. (2017). Optimal Maintenance and Rehabilitation Policies for Performance-Based Road Maintenance Contracts. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31 (1), 04016075. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000928](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000928)
- Mutai, H. K., Aila, F. (2018). Effect of Performance Based Contracting on Performance of Road Agencies in Kenya. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5 (10). Available at: [http://www.ijrsrit.com/uploaded\\_all\\_files/2769971008\\_u1.pdf](http://www.ijrsrit.com/uploaded_all_files/2769971008_u1.pdf)
- Soliño, A. S., Carrillo de Albornoz, V. A. (2019). Improving the payment mechanism in transport public–private partnerships. *Public Money & Management*, 41 (3), 246–254. doi: <https://doi.org/10.1080/09540962.2019.1684013>
- Carrillo de Albornoz, V. A., Molina Millán, J., Sánchez Soliño, A. (2018). Managing a Portfolio of Public-Private Partnerships: Concessionaire Perspective. *Journal of Management in Engineering*, 34 (6), 04018044. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000651](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000651)
- Lara Galera, A., Sánchez Soliño, A., Abad, B. G. (2018). Sharing Risks in Toll Motorway Concessions: Subsidies as Real Options on Traffic Volume. *Journal of Infrastructure Systems*, 24 (4), 06018001. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000453](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000453)
- Tjendani, H. T., Anwar, N., Wiguna, I. P. A. (2018). Two stage simulation to optimize risk sharing in performance-based contract on national road a system dynamic and game theory approach. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (15), 4432–4439. Available at: [http://www.arpnjournals.org/jeas/research\\_papers/rp\\_2018/jeas\\_0818\\_7221.pdf](http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0818_7221.pdf)
- Artama Wiguna, I. P., Anwar, N., Teki Tjendani, H. (2019). Developing the simulation model towards sustainability of implementing performance-based contract. *MATEC Web of Conferences*, 276, 02025. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927602025>
- Queiroz, C., Mladenović, G. (2018). Workshop: Financial Modelling of Output- and Performance-Based Road Contracts (OPBRC). *International Conference on Traffic and Transport Engineering – ICTTE*. Belgrade. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/331622741\\_Workshop\\_Financial\\_Modelling\\_of\\_Output-\\_and\\_Performance-Based\\_Road\\_Contracts\\_OPBRC](https://www.researchgate.net/publication/331622741_Workshop_Financial_Modelling_of_Output-_and_Performance-Based_Road_Contracts_OPBRC)

13. Zietlow, G. (2017). Role of the private sector in managing and maintaining roads. STREET Competition, Entrepreneurship, and the Future of Roads SMART. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315130330-18/role-private-sector-managing-maintaining-roads-gunter-zietlow?context=ubx&refId=d6b287cd-a949-446b-8453-a3ee9c03cf98>
14. Zietlow, G. (2016). Better Road Asset Management Through Performance-Based Maintenance (PBM) in Nepal. Kathmandu, 113. Available at: <http://performance-based-road-contracts.com/pres/Nepal.PBM.pdf>
15. Zietlow, G. (2017). Performance Based Road Maintenance Contracts – Reference note. CAREC, 76. Available at: <https://www.carecprogram.org/uploads/PBC-Reference-Note.pdf>
16. Kharchenko, A. M. (2021). Naukovi osnovy upravlinnia prohramamy ekspluatatsynoho utrymannia avtomobilnykh dorih. Kyiv: Natsionalnyi transportnyi un-t, 416. Available at: [http://diser.ntu.edu.ua/Kharchenko\\_dis.pdf](http://diser.ntu.edu.ua/Kharchenko_dis.pdf)
17. Makovska, Yu. A. (2021). Mekhanizm zabezpechennia stratehichnoho rozvytku dorozhno-ekspluatatsiynykh pidprijemstv. Kyiv: Natsionalnyi transportnyi un-t, 259. Available at: [http://diser.ntu.edu.ua/Makovska\\_dis.pdf](http://diser.ntu.edu.ua/Makovska_dis.pdf)
18. Kanin, A. P., Kharchenko, A. N., Sokolova, N. M., Sphyh, A. U., Zavorotnyi, S. M. (2020). Modern approaches to road maintenance on performance long-term contracts based on the operating condition principle. Modern engineering and innovative technologies, 14, 12–22. Available at: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/download/meit14-03/meit14-03>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254122**

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ОЦІНКИ СТАНУ ОБ'ЄКТУ МОНІТОРИНГУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (с. 6–14)**

**О. Я. Сова, Г. Д. Радзівілов, А. В. Шишацький, П. С. Швець, В. А. Ткаченко, С. С. Невгад, О. В. Жук, С. І. Кравченко, Б. В. Молодецький, Г. Г. Мягких**

Особливості сучасних воєнних конфліктів суттєво підвищують вимоги з оперативності оцінки стану об'єкту. Саме тому необхідно проводити розробку алгоритмів (методів та методик), які здатні за обмежений час та з високим ступенем достовірності провести оцінку стану об'єкту моніторингу від різнотипних джерел розвідувальних відомостей. Точний та об'єктивний аналіз об'єкту вимагає багатопараметричної оцінки зі значними обчислювальними витратами. Саме тому в дослідженні вирішені наступні завдання, а саме: проведено формалізацію оцінки об'єктів моніторингу, розроблено метод підвищення оперативності оцінювання стану об'єктів моніторингу та проведено оцінку ефективності. Сутність запропонованого методу полягає в ієрархічній гібридизації бінарних класифікаторів та подальшому їхньому навчанні.

Метод має наступну послідовність дій: визначення ступеня невизначеності, побудова дерева класифікаторів, визначення належності до певного класу, визначення параметрів об'єкту, попередня обробка даних про об'єкт аналізу та ієрархічний обхід дерева.

Новизна методу полягає у врахуванні типу невизначеності і зашумленості даних та врахуванні наявних обчислювальних ресурсів системи аналізу стану об'єкту. Новизна методу також полягає у використанні комбінованих процедур навчання (лінійне навчання та процедура навчання для штучних нейронних мереж, що еволюціонують) та вибіркового задіяння ресурсів системи за рахунок підключення тільки необхідних типів детекторів.

Метод дозволяє побудувати класифікатор верхнього рівня за допомогою різних низькорівневих схем їхнього комбінування та агрегуючих композицій. Використання методу дозволяє досягти підвищення оперативності обробки даних на рівні 12–20 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

**Ключові слова:** інформаційні системи спеціального призначення, оперативність обробки інформації, обчислювальні потужності.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253821**

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДУОПОЛІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАВОК З ВРАХУВАННЯМ МАРКЕТИНГОВОЇ ТА ІННОВАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ (с. 15–21)**

**Ю. В. Куруджи, І. О. Майорова, І. М. Москвіченко**

На основі моделі оптимізації планів випуску та доставки багатономенклатурної продукції побудовано та проаналізовано економіко-математичну модель дуополії ланцюгів поставок з урахуванням маркетингової та інноваційної активностей виробничих підприємств. Вважається, що попит на продукцію є зростаючою функцією від розмірів витрат за рекламу. При цьому маркетингові вкладення впливають лише на базові продажні ціни продукції та не впливають на конкурентні знижки. Явний вид цієї залежності може бути встановлений у результаті маркетингових досліджень. Також передбачається, що інвестиції в інноваційні технологічні проекти дозволяють зменшити витрати на виробництво, і витрати на випуск продукції є спадними функціями від обсягу інвестицій. Вважається, що функція попиту лінійно залежить від сумарних обсягів виробленої продукції. Критерієм оптимальності для ланцюгів поставок є максимум сумарного прибутку від продажу та доставки готової продукції до пунктів споживання з урахуванням додаткових витрат. В результаті дослідження знайдено рівноважні рішення дуополії за Курно та Стекельбергом. Це дало можливість визначити оптимальні значення обсягів продукції для випуску, розміри інвестиційних вкладень та витрат на рекламу продукції. Модель дозволила дослідити вплив інвестиційних відрахувань і витрат на рекламу на придбання виробничими підприємствами конкурентних переваг. Наведено чисельну ілюстрацію отриманих результатів. Запропонований підхід може бути використаний для побудови та аналізу динамічних моделей оптимізації з урахуванням інноваційної та маркетингової активностей підприємств, а також для дослідження інших ринкових структур.

**Ключові слова:** ланцюг постачання, дуополія, рівноважне рішення, маркетингова активність, інноваційна діяльність, промислове підприємство, конкурентне середовище.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253791**

**ОПТИМІЗАЦІЯ НЕЗБАЛАНСОВАНИХ ГРУЗОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ (с. 22–32)**

**Г. С. Прокудін, О. А. Чупайленко, Т. Г. Хоботня, І. О. Ремех, А. О. Лямзін, М. С. Коваленко**

Проведено порівняльний аналіз відомих методів приведення відкритих транспортних завдань до збалансованого виду з метою подальшої оптимізації вантажних перевезень. В них виявлено ряд істотних недоліків, які значною мірою звужують область їх використання. Запропоновано новий метод, названий методом пропорційного перерозподілу обсягів перевезень вантажу між учасниками перевізного процесу, позбавлений виявлених недоліків.

Транспортна задача є окремим випадком загальної задачі лінійного програмування, до якої може бути застосований один із методів її вирішення, а саме симплексний. Описано методику побудови симплексної таблиці на основі даних транспортної таблиці та алгоритм подальших симплекс-перетворень.

Найчастіше транспортне завдання задається у вигляді картосхеми розташування транспортних вузлів відправлення та призначення вантажу. Запропонована матрично-сітьова модель дозволяє звести сітьове уявлення до матричного вигляду з подальшим знаходженням оптимального плану перевезень вантажу.

З метою виявлення пріоритетності методів зведення відкритих транспортних завдань до збалансованого виду було вирішено 100 незбалансованих за обсягом перевезень вантажу транспортних задач. Це було здійснено за допомогою спроектованої системи підтримки прийняття рішень з управління вантажними перевезеннями. У якості критерія обирався найкращий план вантажних перевезень. В результаті в 48 випадках кращим виявився симплексний метод, метод коефіцієнтів у 27, метод фіктивного вузла у 16 і різницевий метод у 9 випадках. Використання системи підтримки прийняття рішень з управління вантажними перевезеннями дозволило підвищити ефективність у середньому на 25 %.

**Ключові слова:** транспортна мережа, оптимізація, фіктивний вузол, різницевий, коефіцієнтний, симплексний, прийняття рішень.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253652

## РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОВГОСТРОКОВИХ КОНТРАКТІВ З ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ ДОРІГ (с. 33–42)

О. П. Канін, А. М. Харченко, В. М. Цибульський, Н. М. Соколова, А. Ю. Шпиг

Виконано дослідження основних параметрів довгострокових контрактів з експлуатаційного утримання доріг. Визначено слабкі місця в існуючих методах та моделях обґрунтування вихідних характеристик контрактів. Встановлено, що основною причиною переходу до довгострокових контрактів в дорожньому секторі є потреба підвищення ефективності та результативності управління дорожніми активами. Це визначає основну мету – підтримку експлуатаційного стану всіх складових доріг на рівні, що забезпечує задоволення вимог користувачів та сприяє збереженню активів.

Розроблено імітаційну модель обґрунтування параметрів довгострокових контрактів з експлуатаційного утримання доріг, яка дозволяє виконувати симуляцію прогнозних оцінок характеристик контрактів. В основу дослідження були покладені метод Монте-Карло, трикутний закон розподілу, моделі погіршення та відновлення стану елементів доріг. За рахунок врахування цих моделей встановлено, що похибка в обґрунтуванні параметрів довгострокових контрактів за розробленим методом складає до 10 %.

Виконано апробацію розробленої моделі на базі авторської програми LTCsimula на прикладі ділянки автомобільної дороги протяжністю 87,3 км з середнім рівнем вимог. За результатами апробації було виконано оцінку законів розподілу вартості, суми утримань та прибутку довгострокового контракту. Результати розрахунків показали можливості моделі у визначенні стратегій експлуатаційного утримання доріг з урахуванням ризику здійснення контракту з похибкою до 3,9 %.

Застосування розробленої імітаційної моделі на практиці дозволяє підвищити ефективність експлуатаційного обслуговування доріг, а також зберегти від 10 % до 40 % вартості обслуговування доріг.

**Ключові слова:** автомобільні дороги, довгостроковий контракт, кінцеві результати, параметри контракту, метод обґрунтування.