

ABSTRACT AND REFERENCES

CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337910

DEVISING A METHOD FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF A PROJECT PORTFOLIO BASED ON A MULTI-CRITERIA APPROACH (p. 6–14)**Tetiana Prokopenko**Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6204-0708>**Yevhen Lanskykh**Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3389-5720>**Dmytro Kataiev**Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2763-548X>**Vadym Rudenko**Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3582-7889>**Yaroslav Povolotskyi**Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5273-1978>

Factors of flexibility and dynamic response to changes become important for projects implemented under conditions of economic and political instability, which affects the adoption of strategic decisions. Therefore, processes related to the assessment of the effectiveness of projects and the project portfolio as a whole, which is the object of this study, become important.

The task addressed in this study is to increase the effectiveness of projects by making optimal management decisions that make it possible to achieve the set goals at minimal cost, based on relevant, current information. The result of this study is a method for assessing the effectiveness of a project portfolio. This method was devised based on the application of the Pareto multi-criteria approach, which would provide the opportunity to obtain a comprehensive assessment and make management decisions in dynamics, taking into account current priorities and constraints.

In the process of formalizing the process of assessing the effectiveness of IT projects, it is important to solve the problem that boils down to choosing the optimal alternative among a set of permissible performance indicators. Therefore, the proposed method for assessing the effectiveness of an IT project portfolio is characterized by the features of definition and structuring according to efficiency criteria of various kinds and nature.

Within the framework of the method, a model of multi-criteria Pareto assessment of the effectiveness of an IT project portfolio has been built. This model will provide the possibility of operational assessment of project effectiveness and will facilitate the adoption of strategic decisions based on the received current data.

The result of applying this method is an increase in project effectiveness by avoiding overspending of resources and losses in the project by 7–10%, which contributes to an increase in the overall effectiveness of the project portfolio.

Keywords: IT project portfolio, efficiency criteria, multi-criteria assessment, Pareto-optimal solutions.

References

1. Prokopenko, T. O. (2012). Analiz metodiv otsinky efektyvnosti investytsiynykh proektiv ta prohram. *Visnyk ChDTU*, 1, 67–71.
2. Prokopenko, T., Povolotskyi, Y. (2022). A system of criteria for evaluating the efficiency of projects in the field of information technologies. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 27 (4), 23–30. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.4.2022.271448>
3. Bushuyev, S., Kolesnikova, K., Khikmetov, A., Mukhamedyeva, A., Alpysbayev, K., Olekh, T. (2025). Project Value Assessment Indicators. *Hope for a Sustainable Future: Blending AI&IT, ESG, and Capital Projects*, 433–449. <https://doi.org/10.56889/phyr7535>
4. Shonaiya, K. S., Cleveland, S. (2022). Evaluating Organizational Readiness for Project Portfolio Management Implementation. *International Journal of Project Management and Productivity Assessment*, 10 (1), 1–15. <https://doi.org/10.4018/ijpmpa.2022010107>
5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (2013). Project Management Institute, 589.
6. Freedman, D. A. (2009). *Statistical Models: Theory and Practice*. Cambridge University Press, 458. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815867>
7. Stulp, F., Sigaud, O. (2015). Many regression algorithms, one unified model: A review. *Neural Networks*, 69, 60–79. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2015.05.005>
8. Prokopenko, T., Lavdanska, O., Povolotskyi, Y., Obodovskyi, B., Tarasenko, Y. (2021). Devising an integrated method for evaluating the efficiency of scrum-based projects in the field of information technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (113)), 46–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242744>
9. Prokopenko, T., Lanskykh, Y., Prokopenko, V., Pidkuiko, O., Tarasenko, Y. (2023). Development of the comprehensive method of situation management of project risks based on big data technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (121)), 38–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.274473>
10. Makambajeki, R. P., Mjema, E. A. (2023). Assessment of the Effectiveness of Risk Management Practices in the Performance of IT Projects. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1 (4), 1023–1030. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(4\).97](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(4).97)
11. Rasit Ozdas, M., Sebetci, O., Eren, T., Gokcen, H. (2025). A decision support process for the selection of sustainable public ICT project investments. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 13 (3), 1–25. <https://doi.org/10.12821/ijispm130304>
12. Raghavan, V., Mahadevan, L. (2024). Mediating Role of Technical Uncertainty on Information Systems Development Project Outcomes. *Australasian Journal of Information Systems*, 28. <https://doi.org/10.3127/ajis.v28.4669>
13. Wang, F., Gu, J., Liu, A. (2025). Leveraging structural IT capabilities to promote novelty and efficiency in business model design: A knowledge-based view. *Information & Management*, 62 (2), 104090. <https://doi.org/10.1016/j.im.2024.104090>
14. Yeh, Y.-T., Eden, R., Fiel, E., Syed, R. (2025). The role of use for the business value of big data analytics. *The Journal of Strategic Information Systems*, 34 (2), 101888. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2025.101888>
15. Teslia, I., Khlevna, I., Yehorchenkov, O., Latysheva, T., Grigor, O., Tryus, Y. et al. (2021). Development of a method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products. *Eastern-European*

Journal of Enterprise Technologies, 6 (3 (114)), 83–92. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247248>

16. Steuer, R. E. (1986). Multiple Criteria Optimization: Theory, Computations, and Application. New York: John Wiley & Sons, Inc.
17. Ehrgott, M. (2005). Multicriteria Optimization. Springer, 323.
18. Keeney, R. L., Raiffa, H. (1993). Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174084>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336049

DETERMINING THE BALLISTIC CHARACTERISTICS OF HUNTING CARTRIDGES (p. 15–24)

Victor Golub

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1111-8819>

Serhii Bisyk

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5009-2113>

Gennadii Golub

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
 Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Akademija, Lithuania
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2388-0405>

Nataliya Tsyvenkova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
 Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1703-4306>

Ivan Dubok

Limited Liability Company "Scientific and Production Industrial Enterprise "DIK", Kyiv, Ukraine

Oleksandr Shkvarskyi

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6964-5497>

Valerii Pimanov

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6609-6904>

Oleh Marus

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1521-2885>

The object of this study is hunting cartridges. The task addressed is to determine the ballistic indicators of hunting cartridges.

The standard deviation of shot distribution on the target has been determined, as well as the area of damage by hunting cartridges and the probability of penetrating a duralumin plate.

The result of experimental studies has established that the maximum value of the standard deviation of shot distribution at the level of 8–12 cm occurs with a minimum shot weight of 32 g and a minimum shot diameter of 3.75 mm. In this case, the powder charge was an average value of 1.65 g. The area of damage was simulated by using an original software by increasing the penetration point on the target to the size of the total equivalent diameter of the most vulnerable elements of UAV with FPV piloting.

On a target with an equivalent diameter of 8 cm, the area of damage has a maximum value of 0.45–0.5 m² when using a minimum shot diameter of 3.75 mm. In this case, the shot weight had a maximum value of 42 g, and the weight of the powder charge was at an average level of 1.65 g. Therefore, a decrease in the diameter of the shot and an increase in the weight of the shot lead to an increase in the number of elements that hit the target, which, accordingly, leads to an increase in the area of damage.

The probability of penetrating a duralumin plate 1 mm thick was determined as the ratio of the number of shots that pierced the duralumin plate to the total number of hits in it. This value has a maximum value of 0.6–0.8 rel. units at maximum values of the shot diameter of 4.75 mm, the shot weight of 42 g, and the weight of the powder charge of 1.71 g.

The practical significance of the research results relates to the fact that they could be used to improve ammunition and means of defeat for unmanned aerial vehicles (UAVs), which are controlled using FPV piloting under combat conditions.

Keywords: hunting ammunition, powder charge, shot, area of damage, probability of damage.

References

1. Cai, H., Zhang, K., Chen, Z., Jiang, C., Chen, Z. (2024). Video saliency prediction for First-Person View UAV videos: Dataset and benchmark. *Neurocomputing*, 594, 127876. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.127876>
2. Hambling, D. (2024). What does Ukraine's million-drone army mean for the future of war? *New Scientist*, 261 (3475), 12. [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(24\)00150-7](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(24)00150-7)
3. Dafrallah, S., Akhloufi, M. (2024). Malicious UAV detection using various modalities. *Drone Systems and Applications*, 12, 1–18. <https://doi.org/10.1139/dsa-2023-0049>
4. Cai, H., Song, Z., Xu, J., Xiong, Z., Xie, Y. (2022). CUDM: A Combined UAV Detection Model Based on Video Abnormal Behavior. *Sensors*, 22 (23), 9469. <https://doi.org/10.3390/s22239469>
5. Hambling, D. (2024). Drone vs drone is the new warfare. *New Scientist*, 264 (3512), 16. [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(24\)01806-2](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(24)01806-2)
6. Kunz, S. N., Kirchhoff, S., Eggersmann, R., Stiefel, D., Gessinger, M., Manthei, A. et al. (2014). Ricocheted Rifle and Shotgun Projectiles: A Ballistic Evaluation. *Journal of Testing and Evaluation*, 42 (2), 1–8. <https://doi.org/10.1520/jte20130010>
7. Karapirli, M., Uysal, C., Akcan, R., Aksoy, M. E. (2014). The effect of intermediate targets on the spread of pellets from shotguns. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 47 (3), 355–362. <https://doi.org/10.1080/00450618.2014.982181>
8. Kostorizos, A., Spiliopoulou, C., Moraitis, K., Papadodima, S. (2023). Determination of Firing Distance based on Pellet Dispersion. *Austin Journal of Forensic Science and Criminology*, 10 (1). <https://doi.org/10.26420/austinjforensicsciicriminol.2023.1094>
9. Arslan, M. M., Kar, H., Üner, B., Çetin, G. (2011). Firing Distance Estimates with Pellet Dispersion from Shotgun with Various Chokes: An Experimental, Comparative Study. *Journal of Forensic Sciences*, 56 (4), 988–992. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01761.x>
10. Maitre, M., Chiaravalle, A., Horder, M., Chadwick, S., Beavis, A. (2021). Evaluating the effect of barrel length on pellet distribution patterns of sawn-off shotguns. *Forensic Science International*, 320, 110685. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110685>

11. Rios, F. G., Thornton, J. I., Guarino, K. S. (1986). Multivariate statistical analysis of shotgun pellet dispersion. *Forensic Science International*, 32 (1), 21–28. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(86\)90154-4](https://doi.org/10.1016/0379-0738(86)90154-4)
12. Kerkhoff, W., Maitimu, K., Pater, K. D. H., de Jong, M. A. (2023). The relationship between pellet size and shotgun dispersion patterns. *Journal of Forensic Sciences*, 69 (2), 461–468. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15427>
13. Szmelter, J., Leeming, D. (2006). Factors Affecting the Dispersion of Shotgun Pellets in Short-range Combat. *Journal of Battlefield Technology*, 9 (1), 9–13. Available at: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.111277085967991>
14. Mattoo, B. N., Nabar, B. S. (1969). Evaluation of effective shot dispersion in buckshot patterns. *Journal of Forensic Science*, 14 (2), 263–269.
15. Lee, J. S., Cleaver, G. B. (2017). Exclusion of the Magnus Effect as a Mechanism for Shotgun Pellet Dispersion. *SCIREA Journal of Physics*, 2 (3), 9–20. Available at: <https://www.scirea.org/journal/PaperInformation?PaperID=446>
16. Çakir, I., Çetin, G., Uner, H. B., Albek, E. (2003). Shot range estimation based on pellet distribution in shots with a pump-action shotgun. *Forensic Science International*, 132 (3), 211–215. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(03\)00022-7](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(03)00022-7)
17. Lowry, E., Garner, K. (1996). *Shotshell Ballistics for Windows*.
18. Compton, D. J. (1996). *An Experimental and Theoretical Investigation of Short Cloud Ballistics*. London. Available at: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1382490/1/396689.pdf>
19. Russell, K. (2003). On Dynamic Non-linear Finite Element Analysis of Bullet and Barrel Interface. 2003 NDIA Small Arms Symposium. Available at: <https://www.slideserve.com/ham/on-dynamic-non-linear-finite-element-analysis-of-bullet-and-barrel-interface>
20. Deng, S., Sun, H. K., Chiu, C.-J., Chen, K.-C. (2014). Transient finite element for in-bore analysis of 9 mm pistols. *Applied Mathematical Modelling*, 38 (9-10), 2673–2688. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.071>
21. Deng, S., Ken, T.-C., Wang, J., Wu, T.-C., Lin, C.-C. (2022). Interior ballistics analysis of shotgun using discrete element method. *Finite Elements in Analysis and Design*, 201, 103698. <https://doi.org/10.1016/j.finel.2021.103698>
22. Qian, L., Chen, G. (2017). The uncertainty propagation analysis of the projectile-barrel coupling problem. *Defence Technology*, 13 (4), 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2017.06.005>
23. Huang, C., Dhainaut, J.-M., Talley, J., Du, P. (2024). Incline Firing Analysis Using ANSYS to Determine Directional Barrel Deformations. *ASME 2024 Aerospace Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference*. <https://doi.org/10.1115/ssdm2024-121581>
24. Burrard, G. T. (1950). *The Modern Shotgun. Volume III: The Gun and the Cartridge*. London: Herbert Jenkins, 320.
25. Golub, G. A., Kukharets, S. M., Tsyvenkova, N. M., Golubenko, A. A., Kalenichenko, P. S. (2018). Research on a boiler furnace module effectiveness working on small fracture wastes. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 55 (2), 9–18. Available at: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183391971>
26. Baker, S., Epstein, J. (2025). The Ukrainian Soldier's Best Chance against Russia's Advanced Unjammable Drones is as Low-Tech as it gets. *Business Insider*. Available at: <https://www.businessinsider.com/ukraine-soldiers-best-chance-russia-fiber-optic-drones-shotguns-2025-6>
27. Pugliese, D. (2024). *Shotguns Versus Drones – New Methods to Deal with Small UAVs*. Available at: https://www.espritdecorps.ca/feature/shotguns-versus-drones-new-methods-to-deal-with-small-uavs?utm_source=chatgpt.com
28. Giorgio, O. (2025). An Old School Solution to a Very Modern Threat: Shotguns vs Drones. *TFB The Firearm Blog*. Available at: <https://www.thefirearmblog.com/blog/an-old-school-solution-to-a-very-modern-threat-shotguns-vs-drones-44817970>
29. Golub, V., Kurban, V., Sedov, S., Golub, G. (2022). Classification of Combat Wheeled Vehicles Using Cluster Analysis Methods. *Advances in Military Technology*, 17 (1), 5–16. <https://doi.org/10.3849/aimt.01499>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337913

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF TRANSPORT ENTERPRISE OPERATION WHEN CARRYING VARIOUS TYPES OF CARGO ALONG INTERNATIONAL ROUTES (p. 25–39)

Ievgenii Lebid

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1794-8060>**Nataliia Luzhanska**

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1271-8728>**Iryna Lebid**

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0707-4179>**Alexander Mazurenko**

Ukrainian State University

of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5591-1790>**Inesa Halona**

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1484-1682>**Oleksii Tihov**

Ukrainian State University

of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6193-4915>

This study's object is the process that organizes and plans the work of a transport enterprise when transporting general, dangerous, and oversized cargo along international roads.

The task addressed is the need to compile recommendations for determining the required number of personnel and the duration of rendering transport services depending on the type of cargo received for service.

A simulation model of the work of a transport enterprise when organizing international road transportation has been built and implemented in the GPSS World simulation modeling automation package. The model involves determining the duration of transport service and planning the personnel support for a transport enterprise according to the functional division of labor.

When building the model, the duration of the types of work provided by specialists of the transport enterprise when transporting general, dangerous, and oversized cargo was taken into account.

In addition, the model takes into account the probability of errors and delays at each stage of service. The average duration of the

delay in the event of errors is also determined, which could make it possible to set additional time for engaging a separate specialist to eliminate them.

The application of the devised model in practice would allow owners of transport enterprises to organize business processes depending on the available type of rolling stock. It could also make it possible to determine the optimal number of specialists of various profiles required for organizing transport services for the customer.

At the same time, the duration of transport services for the delivery of various types of cargo will be reduced by 8–14% while the number of specialists of the transport enterprise – by 10–15%; in turn, the throughput will increase by 7–16%.

Keywords: transport enterprise, international transportation, simulation model, motor vehicle.

References

- Łukasik, Z., Kuśmińska-Fijałkowska, A., Olszańska, S. (2021). The impact of the organisation of transport processes on the efficient use of a fleet of vehicles. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 110, 87–95. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.110.7>
- Krzyżewska, I. (2021). Problems in the organisation of the transport process on the international market. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 112, 113–123. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.112.7.9>
- Volobuyeva, T., Syrota, V., Mastepan, S., Mastepan, M. (2024). Formation of the conditions for the effective functioning of the transportation system of the road transport enterprise. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 19 (1), 21–28. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-21-28>
- Owczarek, P., Brzeziński, M., Zelkowski, J. (2022). Evaluation of light commercial vehicles operation process in a transport company using the regression modelling method. *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 24 (3), 522–531. <https://doi.org/10.17531/ein.2022.3.13>
- Kanj, H., Kulaglic, A., Aly, W. H. F., Al-Tarawneh, M. A. B., Safi, K., Kanj, S., Flaus, J.-M. (2025). Agent-based risk analysis model for road transportation of dangerous goods. *Results in Engineering*, 25, 103944. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103944>
- Kubasakova, I., Senko, S. (2020). Simulation of Goods Transport. Research and the Future of Telematics. Springer International Publishing, 296–305. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59270-7_22
- Álvarez, P., Serrano-Hernandez, A., Lerga, I., Faulin, J. (2024). Optimizing freight delivery routes: The time-distance dilemma. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 190, 104283. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104283>
- Tresca, G., Salem, H., Cavone, G., Zgaya-Biau, H., Ben-Othman, S., Hammadi, S., Dotoli, M. (2025). A Matheuristic Approach for Delivery Planning and Dynamic Vehicle Routing in Logistics 4.0. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 22, 3345–3365. <https://doi.org/10.1109/tase.2024.3393507>
- Hrušovský, M., Demir, E., Jammerneegg, W., Van Woensel, T. (2021). Real-time disruption management approach for intermodal freight transportation. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124826. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124826>
- Popa, C. (2022). The analysis of freight forwarding services using the business process modelling tools. *Scientific Bulletin of Naval Academy*, XXV (2), 110–116. <https://doi.org/10.21279/1454-864x-22-i2-011>
- Vorkut, T., Volynets, L. (2024). Devising a method for assessing the efficiency in managing logistics operations of motor transport enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (132)), 17–24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317567>
- Lebid, I., Luzhanska, N., Lebid, I., Mazurenko, A., Roi, M., Mykhailenko, I. et al. (2024). Construction of a simulation model of the work of a transport and forwarding enterprise in organizing multimodal cargo transportation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (132)), 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.316568>
- GPSS World Reference Manual (2001). Minuteman Software. Holly Springs NC, 305. Available at: https://athena.ecs.csus.edu/~mitchell/csc148/gpssW/Reference%20Manual/reference_manual.htm
- Lebid, I., Luzhanska, N., Lebid, I., Mazurenko, A., Halona, I., Horban, A. et al. (2023). Construction of a simulation model of goods delivery in international road transportation taking into account the functioning efficiency of logistics supply chain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (123)), 57–67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280886>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338166

REVEALING THE CAUSES OF DELAYS AT TRANSIT POINTS ALONG AN INTERMODAL GRAIN SUPPLY CHAIN (p. 40–50)

Yurii Khomenko

Ukrainian State University
of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2386-0062>

Andrii Okorokov

Ukrainian State University
of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3111-5519>

Viacheslav Matsiuk

National University of Life and
Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2355-2564>

Iryna Zhuravel

Ukrainian State University
of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4405-6386>

Olena Pavlenko

Ukrainian State University
of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6509-9406>

This study's object is the transport and technological system of grain supply along international routes. The issue considered is the emergence of excess cargo weight at the junctions of various types of transport.

The study was conducted on the basis of a constructed simulation model built according to the agent and discrete-event principles. It covers both the maximum transportation volumes in one of the Ukraine's oblasts in 2021 (880 thousand tons) and the forecasted indicators (1–1.5 million tons per year).

The application of the model has made it possible to determine the optimal parameters for the fleet of vehicles in a supply chain, guided by the system criterion – minimization of the average delivery time of one ton of grain. It was established that for transporting 1 million tons of grain per year, the optimal composition of the transport fleet should include 92 trucks and four railroad routes.

Patterns in the formation of excess cargo weight depending on the estimated composition of vehicles were also determined. With a planned transportation intensity of 1 million tons per year, reducing the number of trucks by 12 units could lead to the accumulation of 237 thousand tons of cargo mass at transit points. Reducing the number of railroad routes by one unit would lead to the accumulation of 544 thousand tons of cargo mass, which corresponds to USD 106 million.

The proposed model makes it possible to assess the consequences of delays in delivery, as well as the formation of excess cargo mass at transit logistics terminals and grain elevators.

Keywords: agent simulation, intermodal transportation, excess cargo mass, optimal working fleet.

References

- Namazov, M., Matsiuk, V., Bulgakova, I., Nikolaienko, I., Vernyhora, R. (2023). Agent-based simulation model of multimodal iron ore concentrate transportation. *Naukovij Žurnal "Tehnika Ta Energetika"*, 14 (1). <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.46>
- Zhang, T., Feng, Q. (2024). Multidimensional Risk Assessment of China's Grain Supply Chain with Entropy Weight TOPSIS Method. *Procedia Computer Science*, 242, 853–858. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.213>
- Anufriyeva, T., Matsiuk, V., Shramenko, N., Ilchenko, N., Pryimuk, O., Lebid, V. (2023). Construction of a simulation model for the transportation of perishable goods along variable routes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (122)), 42–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277948>
- Matsiuk, V., Galan, O., Prokhorchenko, A., Tverdomed, V. (2021). An Agent-Based Simulation for Optimizing the Parameters of a Railway Transport System. *Proceedings of the 17th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference, PhD Symposium, and Posters*. Available at: <https://eur-ws.org/Vol-3013/20210121.pdf>
- Samsonkin, V., Goretskyi, O., Matsiuk, V., Myronenko, V., Boynik, A., Merkulov, V. (2019). Development of an approach for operative control over railway transport technological safety based on the identification of risks in the indicators of its operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (102)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184162>
- Alam, M. F. B., Tushar, S. R., Ahmed, T., Karmaker, C. L., Bari, A. B. M. M., de Jesus Pacheco, D. A. et al. (2024). Analysis of the enablers to deal with the ripple effect in food grain supply chains under disruption: Implications for food security and sustainability. *International Journal of Production Economics*, 270, 109179. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109179>
- Ekleme, G., Yercan, F. (2025). Assessment of the Black Sea Grain Initiative: Crisis Management via Maritime Transportation. *Transport Policy*, 163, 199–218. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.12.011>
- Orozonova, A., Gapurbaeva, S., Kydykov, A., Prokopenko, O., Prause, G., Lytvynenko, S. (2022). Application of smart logistics technologies in the organization of multimodal cargo delivery. *Transportation Research Procedia*, 63, 1192–1198. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.124>
- Zagurskiy, O., Savchenko, L., Makhmudov, I., Matsiuk, V. (2022). Assessment of socio-ecological efficiency of transport and logistics activity. *21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. <https://doi.org/10.22616/erdev.2022.21.tf182>
- Lv, B., Yang, B., Zhu, X., Li, J. (2019). Operational optimization of transit consolidation in multimodal transport. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 454–464. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.02.001>
- Owens, T. D., Seedah, D. P. K., Harrison, R. (2013). Modeling Rail Operating Costs for Multimodal Corridor Planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2374 (1), 93–101. <https://doi.org/10.3141/2374-11>
- Rahmani, S., Park, T.-H., Dishman, A. F., Lahann, J. (2013). Multimodal delivery of irinotecan from microparticles with two distinct compartments. *Journal of Controlled Release*, 172 (1), 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2013.08.017>
- Butko, T., Prokhorchenko, A., Golovko, T., Prokhorchenko, G. (2018). Development of the method for modeling the propagation of delays in noncyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (91)), 30–39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123141>
- de Faria, C. H. F., Almeida, J. F. F., Pinto, L. R. (2024). Simulation-optimisation approach for sustainable planning of intermodal logistics in the Brazilian grain export industry. *Decision Analytics Journal*, 10, 100388. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100388>
- Turpak, S., Gritsay, S., Ostrolyad, E. (2014). Development of micrologistics system of delivery of finished products of metallurgical enterprises by rail transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (71)), 10–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28033>
- Pavlenko, O., Shramenko, N., Muzylyov, D. (2020). Logistics Optimization of Agricultural Products Supply to the European Union Based on Modeling by Petri Nets. *New Technologies, Development and Application III*, 596–604. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_69
- Muzylyov, D., Shramenko, N. (2020). Mathematical Model of Reverse Loading Advisability for Trucks Considering Idle Times. *New Technologies, Development and Application III*, 612–620. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_71
- Khomenko, Y., Matsiuk, V., Okorokov, A., Gorobchenko, O. (2024). Development of a simulation model of grain delivery in global supply chains. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20 (5), 21–35. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/5.2024.21>
- Holmgren, J., Davidsson, P., Persson, J. A., Ramstedt, L. (2012). TAPAS: A multi-agent-based model for simulation of transport chains. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 23, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2011.12.011>
- González-Cancelas, N., Vaca-Cabrero, J., Camarero-Orive, A. (2025). Multi-Agent System for Smart Roll-on/Roll-off Terminal Management: Orchestration and Communication Strategies for AI-Driven Optimization. *Applied Sciences*, 15 (11), 6079. <https://doi.org/10.3390/app15116079>
- Matsiuk, V., Ilchenko, N., Pryimuk, O., Kochubei, D., Prokhorchenko, A. (2022). Risk assessment of transport processes by agent-based simulation. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0105913>
- Archetti, C., Peirano, L., Speranza, M. G. (2022). Optimization in multimodal freight transportation problems: A Survey. *European Journal of Operational Research*, 299 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.031>
- Medvediev, I., Muzylyov, D., Montewka, J. (2024). A model for agribusiness supply chain risk management using fuzzy logic. Case study: Grain route from Ukraine to Poland. *Transportation Research*

Part E: Logistics and Transportation Review, 190, 103691. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103691>

24. Maiyar, L. M., Thakkar, J. J. (2019). Modelling and analysis of intermodal food grain transportation under hub disruption towards sustainability. *International Journal of Production Economics*, 217, 281–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.07.021>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336781

DEVELOPMENT OF AN OPTIMIZATION MODEL FOR DYNAMIC MULTI-DEPOT VEHICLE ROUTING WITH CAPACITY LIMITS AND TIME-DEPENDENT DEMANDS (p. 51–61)

Zainal Aziz

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8871-0132>

Tua Halomoan Harahap

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7544-2861>

Muliawan Firdaus

Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3561-4486>

Herman Mawengkang

Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0403-9415>

The object of the study is the vehicle routing.

The problem to be solved is the static plans often overload particular depots and spread delays across routes. A mixed-integer nonlinear programming model is proposed to simultaneously decide depot assignment, route construction, and departure times, with capacity monitored across periods. The model captures non-linear, load sensitive travel costs and uses adaptive tightening of feasible service intervals to reduce tardiness. The model is solved via outer approximation warm started by a pool of high-quality routes. Across realistic multi period benchmarks, the method reduces total distribution cost and late delivery penalties relative to single depot and static multiple depot baselines. Gains are largest when demand spikes are localized at a few depots, because cross depot reassignment and retimed departures redistribute workload without adding vehicles. Two mechanisms explain the results: capacity accounting that prevents over commitment at congested depots, and coordinated departure time control that limits mid-day delay propagation. Compared with formulations that pre generate trips or treat variability only implicitly, the proposed approach maintains depot feasibility as demand evolves within the horizon. Key features include joint depot assignment with departure time decisions, period wise capacity tracking, and non-linear cost modeling within an exact outer approximation framework compatible with warm started metaheuristics. Practically, the approach supports planning in e commerce, pharmaceutical, and grocery distribution where delivery windows are tight and peaks are frequent. Numerical results show that the model reduces total operating costs by 18%, lowers late-delivery penalties by 27%, improves vehicle utilization by 12%, and decreases average waiting time by 37.5% compared to static baselines.

Keywords: dynamic multiple depot vehicle routing problem, MINLP, time dependent demand.

References

1. Chan, Y., Carter, W. B., Burnes, M. D. (2001). A multiple-depot, multiple-vehicle, location-routing problem with stochastically processed demands. *Computers & Operations Research*, 28 (8), 803–826. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(00\)00009-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(00)00009-5)
2. Meesuptaweekoon, K., Chaovalitwongse, P. (2014). Dynamic Vehicle Routing Problem with Multiple Depots. *Engineering Journal*, 18 (4), 135–149. <https://doi.org/10.4186/ej.2014.18.4.135>
3. Wang, Y., Gou, M., Luo, S., Fan, J., Wang, H. (2025). The multi-depot pickup and delivery vehicle routing problem with time windows and dynamic demands. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 139, 109700. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109700>
4. Zhang, M., Chen, A., Zhao, Z., Huang, G. Q. (2023). A multi-depot pollution routing problem with time windows in e-commerce logistics coordination. *Industrial Management & Data Systems*, 124 (1), 85–119. <https://doi.org/10.1108/imds-03-2023-0193>
5. Dai, B., Li, F. (2021). Joint Inventory Replenishment Planning of an E-Commerce Distribution System with Distribution Centers at Producers' Locations. *Logistics*, 5 (3), 45. <https://doi.org/10.3390/logistics5030045>
6. Ralphs, T. K., Kopman, L., Pulleyblank, W. R., Trotter, L. E. (2003). On the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 94 (2-3), 343–359. <https://doi.org/10.1007/s10107-002-0323-0>
7. Mor, A., Speranza, M. G. (2022). Vehicle routing problems over time: a survey. *Annals of Operations Research*, 314 (1), 255–275. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04488-0>
8. Zong, Z., Tong, X., Zheng, M., Li, Y. (2024). Reinforcement Learning for Solving Multiple Vehicle Routing Problem with Time Window. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 15 (2), 1–19. <https://doi.org/10.1145/3625232>
9. Baty, L., Jungel, K., Klein, P. S., Parmentier, A., Schiffer, M. (2024). Combinatorial Optimization-Enriched Machine Learning to Solve the Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 58 (4), 708–725. <https://doi.org/10.1287/trsc.2023.0107>
10. Wu, X., Wang, D., Wen, L., Xiao, Y., Wu, C., Wu, Y. et al. (2024). Neural Combinatorial Optimization Algorithms for Solving Vehicle Routing Problems: A Comprehensive Survey with Perspectives. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.00415>
11. Cordeau, J.-F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W. P., Vigo, D. (2007). Chapter 6 Vehicle Routing. *Transportation*, 367–428. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(06\)14006-2](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14006-2)
12. Cordeau, J.-F., Laporte, G., Mercier, A. (2001). A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 52 (8), 928–936. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601163>
13. Adamo, T., Gendreau, M., Ghiani, G., Guerriero, E. (2024). A review of recent advances in time-dependent vehicle routing. *European Journal of Operational Research*, 319 (1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.06.016>
14. Avolio, M., Di Francesco, M., Fuduli, A., Gorgone, E., Wolfler Calvo, R. (2025). Multi-day routes in a multi-depot vehicle routing problem with intermediate replenishment facilities and time windows. *Computers & Operations Research*, 182, 107084. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2025.107084>
15. Campuzano, G., Lalla-Ruiz, E., Mes, M. (2025). The two-tier multi-depot vehicle routing problem with robot stations and time windows. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 147, 110258. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.110258>

16. Pak, Y.-J., Mun, K.-H. (2024). A practical vehicle routing problem in small and medium cities for fuel consumption minimization. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 12, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100164>
17. Wu, Z., Wang, J., Chen, N. A., Liu, Y. (2023). The load-dependent electric vehicle routing problem with time windows. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 17 (1/2), 182–213. <https://doi.org/10.1504/ijstl.2023.132674>
18. Mardešić, N., Erdelić, T., Carić, T., Đurasević, M. (2023). Review of Stochastic Dynamic Vehicle Routing in the Evolving Urban Logistics Environment. *Mathematics*, 12 (1), 28. <https://doi.org/10.3390/math12010028>
19. Gouveia, L., Leitner, M., Ruthmair, M. (2023). Multi-Depot Routing with Split Deliveries: Models and a Branch-and-Cut Algorithm. *Transportation Science*, 57 (2), 512–530. <https://doi.org/10.1287/trsc.2022.1179>
20. Cavecchia, M., Alves de Queiroz, T., Lancellotti, R., Zucchi, G., Iori, M. (2025). A Real-World Multi-Depot, Multi-Period, and Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Proceedings of the 14th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*, 112–122. <https://doi.org/10.5220/0013153100003893>
21. Bettinelli, A., Ceselli, A., Righini, G. (2011). A branch-and-cut-and-price algorithm for the multi-depot heterogeneous vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19 (5), 723–740. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.07.008>
22. Ichoua, S., Gendreau, M., Potvin, J.-Y. (2003). Vehicle dispatching with time-dependent travel times. *European Journal of Operational Research*, 144 (2), 379–396. [https://doi.org/10.1016/s0377-2217\(02\)00147-9](https://doi.org/10.1016/s0377-2217(02)00147-9)
23. Baldacci, R., Bartolini, E., Mingozzi, A., Valletta, A. (2011). An Exact Algorithm for the Period Routing Problem. *Operations Research*, 59 (1), 228–241. <https://doi.org/10.1287/opre.1100.0875>
24. Poikonen, S., Wang, X., Golden, B. (2017). The vehicle routing problem with drones: Extended models and connections. *Networks*, 70 (1), 34–43. <https://doi.org/10.1002/net.21746>
25. Bektaş, T., Laporte, G. (2011). The Pollution-Routing Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45 (8), 1232–1250. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.004>
26. Schneider, M., Stenger, A., Goeke, D. (2014). The Electric Vehicle-Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations. *Transportation Science*, 48 (4), 500–520. <https://doi.org/10.1287/trsc.2013.0490>
27. Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015>
28. Petris, M., Archetti, C., Cattaruzza, D., Ogier, M., Semet, F. (2024). A heuristic with a performance guarantee for the commodity constrained split delivery vehicle routing problem. *Networks*, 84 (4), 446–464. <https://doi.org/10.1002/net.22238>
29. Rivera, J. C., Murat Afsar, H., Prins, C. (2016). Mathematical formulations and exact algorithm for the multitrip cumulative capacitated single-vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 249 (1), 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.067>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337910

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОРТФЕЛЮ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПІДХОДУ (с. 6–14)**Т. О. Прокопенко, Є. В. Ланських, Д. С. Катаєв, В. О. Руденко, Я. О. Поволоцький**

Для проєктів, що реалізуються в умовах економічної та політичної нестабільності, важливого значення набувають фактори гнучкості та динамічного реагування на зміни, що впливає на прийняття стратегічних рішень. Тому важливого значення набувають процеси пов'язані з оцінюванням ефективності проєктів та портфелю проєктів в цілому, що є об'єктом даного дослідження. Проблема, що вирішувалась в даному дослідженні, є підвищення ефективності проєктів за рахунок прийняття оптимальних управлінських рішень, які дозволяють досягти поставлених цілей при мінімальних витратах, на основі актуальної поточної інформації. Отриманими результатами даного дослідження є метод оцінювання ефективності портфелю проєктів. Даний метод розроблено на основі застосування багатокритеріального підходу за Парето, що забезпечить можливість отримання комплексної оцінки та прийняття управлінських рішень в динаміці з урахуванням поточних пріоритетів та обмежень. В ході формалізації процесу оцінювання ефективності IT проєктів важливим є вирішення задачі, що зводяться до вибору оптимальної альтернативи серед множини припустимих показників ефективності. Тому запропонований метод оцінювання ефективності портфелю IT проєктів характеризується особливостями визначення та структуризації за критеріями ефективності різного роду та характеру. В рамках методу розроблено модель багатокритеріального оцінювання за Парето ефективності портфелю IT проєктів. Дана модель забезпечить можливості оперативної оцінки ефективності проєктів та сприятиме прийняттю стратегічних рішень на основі отриманих поточних даних. Результатом застосування даного методу є підвищення ефективності проєктів за рахунок уникнення перевитрати ресурсів та втрат в проєкті на 7–10%, що сприяє підвищенню загальної ефективності портфелю проєктів.

Ключові слова: портфель IT проєктів, критерії ефективності, багатокритеріальне оцінювання, Парето-оптимальні рішення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336049

ВИЗНАЧЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МИСЛИВСЬКИХ НАБОЇВ (с. 15–24)**В. А. Голуб, С. П. Бісик, Г. А. Голуб, Н. М. Цивенкова, І. В. Дубок, О. В. Шкварський, В. В. Піманов, О. А. Марус**

Об'єктом дослідження є мисливські набойі. Досліджувалась проблема визначення балістичних показників мисливських набойів. Визначено стандартне відхилення розподілу дробу на мішені, площа ураження мисливськими набоями та ймовірність пробиття дюралюмінієвої пластини.

У результаті проведення експериментальних досліджень було встановлено, що максимальне значення стандартного відхилення розподілу дробу на рівні 8–12 см має місце при мінімальній вазі дробу 32 г й мініальному діаметрі дробу 3,75 мм. При цьому заряд порошу становив середнє значення на рівні 1,65 г. Площа ураження моделювалася за допомогою програми, розробленої авторами, шляхом збільшення точки пробиття на мішені до розмірів сумарного еквівалентного діаметру найбільш вразливих елементів БпЛА із FPV пілотуванням. На мішені із еквівалентним діаметром 8 см площа ураження має максимальне значення на рівні 0,45–0,5 м² при використанні мінімального діаметра дробу 3,75 мм. При цьому вага дробу мала максимальне значення на рівні 42 г, а вага заряду порошу знаходилася на середньому рівні 1,65 г. Отже, зменшення діаметру дробу та збільшення ваги дробу призводить до збільшення кількості елементів, що уражають мішень, що, відповідно, призводить до збільшення площі ураження. Ймовірність пробиття дюралюмінієвої пластини товщиною 1 мм визначалася як відношення кількості дробин, які пробili дюралюмінієву пластинку до загальної кількості влучення в неї. Ця величина має максимальне значення на рівні 0,6–0,8 відн. од. при максимальних значеннях діаметра дробу 4,75 мм, ваги дробу 42 г та ваги заряду порошу 1,71 г.

Практичне значення результатів досліджень полягає в тому, що вони можуть бути використані для удосконалення набойів та засобів ураження безпілотних літальних апаратів (БпЛА), керування якими здійснюється за допомогою FPV-пілотування в умовах бойових дій.

Ключові слова: мисливські набойі, пороховий заряд, дроб, площа ураження, ймовірність ураження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337913

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ РІЗНИХ ВИДІВ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ (с. 25–39)**Є. М. Лебідь, Н. О. Лужанська, І. Г. Лебідь, О. О. Мазуренко, І. І. Гальона, О. Г. Тігов**

Об'єктом дослідження є процес організації та планування роботи транспортного підприємства при перевезенні генеральних, небезпечних та негабаритних вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні.

Проблема, що вирішувалася, обумовлена потребою у розробці рекомендацій щодо визначення необхідної кількості персоналу та тривалості надання транспортних послуг в залежності від виду вантажу, що надходить на обслуговування.

Розроблено та реалізовано імітаційну модель роботи транспортного підприємства при організації міжнародних автомобільних перевезень в пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World. Модель передбачає визначення тривалості транспортного обслуговування та планування кадрового забезпечення транспортного підприємства за функціональним розподілом праці.

При розробці моделі враховано тривалість виконання видів робіт, які забезпечуються фахівцями транспортного підприємства при перевезенні генеральних, небезпечних та негабаритних вантажів.

Окрім цього, в моделі враховано імовірність виникнення помилок та затримок на кожному етапі обслуговування. Також передбачено середню тривалість затримки при виникненні помилок, що дозволить встановити додатковий час залучення окремого фахівця до їх усунення.

Застосування розробленої моделі на практиці дозволить власникам транспортних підприємств організовувати бізнес-процеси в залежності від наявного типу рухомого складу. Також це дасть можливість визначати оптимальну кількість фахівців різного профілю, необхідну для організації транспортного обслуговування замовника.

При цьому тривалість транспортного обслуговування при доставці різних видів вантажів скоротиться на 8–14%, а кількість фахівців транспортного підприємства на 10–15%, в свою чергу пропускна спроможність зросте на 7–16%.

Ключові слова: транспортне підприємство, міжнародні перевезення, імітаційна модель, автотранспортний засіб.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338166

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ФОРМУВАННЯ ЗАТРИМОК У ТРАНЗИТНИХ ПУНКТАХ ІНТЕРМОДАЛЬНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОВИХ (с. 40–50)

Ю. В. Хоменко, А. М. Огороков, В. І. Мацюк, І. Л. Журавель, О. І. Павленко

Об'єктом дослідження є транспортно-технологічна система постачання зернових у міжнародному сполученні. Вирішувалась проблема виникнення надлишкової вантажної маси у пунктах стикування різних видів транспорту. Дослідження проведено на основі розробленої імітаційної моделі, створеної за агентним та дискретно-подієвим принципами. Воно охоплює як максимальні обсяги перевезень 2021 року однієї з областей України (880 тис. тонн), так і прогнозовані показники (1–1,5 млн тонн на рік). Застосування моделі дозволило визначити оптимальні параметри парку транспортних засобів у ланцюзі постачання, керуючись системним критерієм – мінімізацією середнього часу доставки однієї тонни зерна. Встановлено, що для перевезення 1 млн тонн зернових на рік оптимальний склад транспортного парку має включати 92 вантажні автомобілі та чотири залізничні маршрути. Також визначено закономірності утворення надлишкової вантажної маси залежно від розрахункового складу транспортних засобів. При запланованій інтенсивності перевезень у 1 млн тонн на рік скорочення кількості вантажних автомобілів на 12 одиниць призведе до накопичення 237 тис. тонн вантажної маси у транзитних пунктах. Зменшення кількості залізничних маршрутів на одну одиницю спричинить накопичення 544 тис. тонн вантажної маси, що відповідає \$106 млн. Запропонована модель дозволяє оцінювати наслідки затримок у постачанні, а також формування надлишкової вантажної маси, на транзитних логістичних терміналах і зернових елеваторах.

Ключові слова: агентна симуляція, інтермодальні перевезення, надлишкова вантажна маса, оптимальний робочий парк.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336781

РОЗРОБКА ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У КІЛЬКОХ ДЕПО З УРАХУВАННЯМ ОБМЕЖЕНЬ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ПОПИТУ, ЩО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ЧАСУ (с. 51–61)

Zainal Azis, Tua Halomoan Harahap, Muliawan Firdaus, Herman Mawengkang

Об'єктом дослідження є маршрутизація транспортних засобів.

Проблема, яку потрібно вирішити, полягає в тому, що статичні плани часто перевантажують окремі депо та розподіляють затримки по маршрутах. Запропоновано модель змішаного цілочисельного нелінійного програмування для одночасного визначення призначення депо, будівництва маршруту та часу відправлення, з моніторингом пропускної здатності протягом періодів. Модель враховує нелінійні, залежні від навантаження, витрати на проїзд та використовує адаптивне скорочення можливих інтервалів обслуговування для зменшення затримок. Модель вирішується за допомогою зовнішнього наближення, що запускається пулом високоякісних маршрутів. У реалістичних багатоперіодних контрольних рівнях метод зменшує загальні витрати на розподіл та штрафи за затримку доставки порівняно з базовими рівнями одного депо та статичних кількох депо. Найбільші переваги спостерігаються, коли піки попиту локалізовані в кількох депо, оскільки перепризначення депо та перерозподіл відправлень перерозподіляють робоче навантаження без додавання транспортних засобів. Результати пояснюються двома механізмами: обліком пропускної здатності, який запобігає перевантаженню на перевантажених депо, та скоординованим контролем часу відправлення, який обмежує поширення затримки в середині дня. Порівняно з формулюваннями, які попередньо генерують поїздки або враховують мінливість лише неявно, запропонований підхід підтримує доцільність депо, оскільки попит розвивається в межах горизонту. Ключові особливості включають спільне призначення депо з рішеннями про час відправлення, відстеження пропускної здатності за періодами та нелінійне моделювання витрат у рамках точного зовнішнього наближення, сумісного з метаевристиками теплового старту. Практично, цей підхід підтримує планування в електронній комерції, фармацевтичній промисловості та дистрибуції продуктів харчування, де вікна доставки обмежені, а піки часті. Числові результати показують, що модель зменшує загальні експлуатаційні витрати на 18%, знижує штрафи за затримку доставки на 27%, покращує використання транспортних засобів на 12% та зменшує середній час очікування на 37,5% порівняно зі статичними базовими рівнями.

Ключові слова: динамічна задача маршрутизації транспортних засобів у кількох депо, MINLP, попит, що залежить від часу.