

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325104

# DEVISING A METHOD FOR ASSESSING THE LEVEL OF TRANSPORT SERVICES IN THE "PEOPLE – TRANSPORT – ROAD – ENVIRONMENT" SYSTEM (p. 6–15)

**Olexandr Melnychenko**National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9694-9824>**Oleksandr Ignatenko**National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9460-6155>**Vitalii Tsybul'skyi**National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3150-3965>**Oleksandr Chechuha**State Enterprise "National Institute for Development Infrastructure", Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1643-6354>**Inna Vyhovska**National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1426-9863>**Igor Derehuz**Eurospoon-Trade LLC, with. Petropavlivska Borshchagivka, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3119-3709>**Akim Alimov**Bucha District State Administration of Kyiv Region, Bucha, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5540-6173>

The object of this study is the process of assessing the level of public transport service provision in cities. The task is to devise a method for assessing the level of public transport service provision in terms of the influence of characteristics of the elements within the "People – Transport – Road – Environment" system. It was determined that these characteristics could serve as predictors – parameters and forecasting tools that determine the level of quality of public transport services for city residents. A logistic model has been built, which underlies the method for assessing the level of public transport service provision. This approach could allow for a comprehensive and interconnected study of social and technological factors of transport activity of subjects.

A method for diagnosing the logistic model for adequacy and consistency with empirical data has been proposed, which is based on the application of the Hosmer-Lemeshow agreement criterion and ROC analysis.

The method for assessing the level of public transport service provision was tested using an example of a city of regional significance. The adequacy of the method was confirmed using the Hosmer-Lemeshow criterion and ROC analysis, which were 8.892 and 0.3428, respectively. Based on the verification results, proposals have been devised to improve the predictors of the activities of urban carriers. The effectiveness of the proposed measures was assessed by the percentage change in the time spent by city residents on travel, which was 17.5 %. This confirms the acceptability of the method devised.

The scope of using the method includes activities of business entities that provide transport services to the people in cities and to local government bodies. The prospect of this study is its application to assessing the level of quality of transport services by other types of passenger transport.

**Keywords:** quality level, logistics model, ROC analysis, Wald test, service predictors.

## References

- Willberg, E., Tenkanen, H., Miller, H. J., Pereira, R. H. M., Toivonen, T. (2023). Measuring just accessibility within planetary boundaries. *Transport Reviews*, 44 (1), 140–166. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2240958>
- Melnichenko, O., Ignatenko, O., Tsybul'skyi, V., Degtiarova, A., Kashuba, M., Derehuz, I. (2024). Development of a mechanism for information security risk management of transport service provision systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 27–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298144>
- Kharchenko, A., Tsybul'skyi, V., Chechuha, O., Zavorotnii, S., Shuliak, I. (2022). Building a model for managing the cost and duration of motor road projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (117)), 13–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.256213>
- Wang, Y., Cao, M., Liu, Y., Ye, R., Gao, X., Ma, L. (2022). Public transport equity in Shenyang: Using structural equation modelling. *Research in Transportation Business & Management*, 42, 100555. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100555>
- Ojo, T. K. (2017). Quality of public transport service: an integrative review and research agenda. *Transportation Letters*, 11 (2), 104–116. <https://doi.org/10.1080/19427867.2017.1283835>
- Moslem, S., Alkharabsheh, A., Ismael, K., Duleba, S. (2020). An Integrated Decision Support Model for Evaluating Public Transport Quality. *Applied Sciences*, 10 (12), 4158. <https://doi.org/10.3390/app10124158>
- Santos, J. B. dos, Lima, J. P. (2021). Quality of public transportation based on the multi-criteria approach and from the perspective of user's satisfaction level: A case study in a Brazilian city. *Case Studies on Transport Policy*, 9 (3), 1233–1244. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.05.015>
- Tarandushka, L., Shlionchak, I., Tarandushka, I. (2022). Assessment of the Quality Passenger Service by Public Transport in Cherkasy. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2 (5 (36)), 253–261. [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.5\(36\).2.253-261](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.5(36).2.253-261)
- Watthanaklang, D., Jomnonkwa, S., Champahom, T., Wisutwattanasak, P. (2024). Exploring accessibility and service quality perceptions on local public transportation in Thailand. *Case Studies on Transport Policy*, 15, 101144. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101144>
- Bin MD Saad, N. A. (2023). Deployment of Lean Six Sigma in Transportation Sector. *International Journal of Empirical Research Methods*, 1 (2), 74–80. <https://doi.org/10.59762/ijerm205275791220231205140246>
- Dubernet, I., Axhausen, K. W. (2019). The German value of time and value of reliability study: the survey work. *Transportation*, 47 (3), 1477–1513. <https://doi.org/10.1007/s11116-019-10052-4>
- Jamal, S., Newbold, K. B. (2020). Factors Associated with Travel Behavior of Millennials and Older Adults: A Scoping Review. *Sustainability*, 12 (19), 8236. <https://doi.org/10.3390/su12198236>
- De Vos, J., Ermagun, A., Shaw, F. A. (2023). Wait time, travel time and waiting during travel: existing research and future directions. *Transport Reviews*, 43 (5), 805–810. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2220206>
- Rashidi, S., Ataeian, S., Ranjekar, P. (2022). Estimating bus dwell time: A review of the literature. *Transport Reviews*, 43 (1), 32–61. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.2023692>
- Merlin, L. A., Jehle, U. (2023). Global interest in walking accessibility: a scoping review. *Transport Reviews*, 43 (5), 1021–1054. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2189323>
- Miller, E. (2023). The current state of activity-based travel demand modelling and some possible next steps. *Transport Reviews*, 43 (4), 565–570. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2198458>

17. Gkiotsalitis, K., Cats, O., Liu, T. (2022). A review of public transport transfer synchronisation at the real-time control phase. *Transport Reviews*, 43 (1), 88–107. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2035014>
18. Hensher, D. A., Hietanen, S. (2022). Mobility as a feature (MaaS): rethinking the focus of the second generation of mobility as a service (MaaS). *Transport Reviews*, 43 (3), 325–329. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2159122>
19. Maheshwari, R., Van Acker, V., De Vos, J., Witlox, F. (2023). A multi-perspective review of the impact of a workplace relocation on commuting behaviour, commuting satisfaction and subjective well-being. *Transport Reviews*, 43 (3), 385–406. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2119296>
20. Wang, X., Wong, Y. D., Chen, T., Yuen, K. F. (2022). Consumer logistics in contemporary shopping: a synthesised review. *Transport Reviews*, 43 (3), 502–532. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2131010>
21. Conceição, M. A., Monteiro, M. M., Kasraian, D., van den Berg, P., Haustein, S., Alves, I. et al. (2022). The effect of transport infrastructure, congestion and reliability on mental wellbeing: a systematic review of empirical studies. *Transport Reviews*, 43 (2), 264–302. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2100943>
22. Zaidi, A., Al Luhayb, A. S. M. (2023). Two Statistical Approaches to Justify the Use of the Logistic Function in Binary Logistic Regression. *Mathematical Problems in Engineering*, 2023 (1). <https://doi.org/10.1155/2023/5525675>
23. Bangchang, K. N. (2024). Application of Bayesian variable selection in logistic regression model. *AIMS Mathematics*, 9 (5), 13336–13345. <https://doi.org/10.3934/math.2024650>
24. Kasiri, L. A., Guan Cheng, K. T., Sambasivan, M., Sidin, S. Md. (2017). Integration of standardization and customization: Impact on service quality, customer satisfaction, and loyalty. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 35, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.11.007>
25. Kent, J. L., Crane, M., Waidyatillake, N., Stevenson, M., Pearson, L. (2023). Urban form and physical activity through transport: a review based on the d-variable framework. *Transport Reviews*, 43 (4), 726–754. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2165575>
26. Kosmidis, I., Müller-Eie, D. (2023). The synergy of bicycles and public transport: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 44 (1), 34–68. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2222911>
27. Borucka, A. (2020). Logistic regression in modeling and assessment of transport services. *Open Engineering*, 10 (1), 26–34. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0029>
28. Logistic Regression Four Ways with Python (2022). University of Virginia. Available at: <https://library.virginia.edu/data/articles/logistic-regression-four-ways-with-python>
29. Tomaino, G., Walters, D. J. (2024). Presenting time-series data as absolute versus relative changes impacts judgments and choices. *Journal of Consumer Psychology*, 34 (3), 510–518. <https://doi.org/10.1002/jcpy.1391>
30. Pho, K.-H., McAleer, M. (2021). Specification and Estimation of a Logistic Function, with Applications in the Sciences and Social Sciences. *Advances in Decision Sciences*, 25 (2), 74–104. <https://doi.org/10.47654/v25y2021i2p74-104>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323746

# DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS VEHICLE NAVIGATION IN UNSTRUCTURED ENVIRONMENTS: THE IMPACT OF IMPLEMENTING A PATH PLANNING ALGORITHM ON AUTONOMOUS VEHICLES (p. 16–24)

Desi Windi Sari

Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9680-7068>

Suci Dwijayanti

Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2060-6408>

Bhakti Yudho Suprpto

Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3995-6347>

The path planning system has been identified as an efficient method for optimizing navigation, reducing energy consumption, and ensuring safety in autonomous vehicles. Various studies have been conducted on algorithms such as Ant Colony Optimization (ACO), Artificial Potential Field (APF), and the A\* algorithm. However, only a few studies have evaluated the effectiveness of each of these algorithms, especially for autonomous vehicles implemented in real-road scenarios. Thus, this study aims to assess the effectiveness of ACO, APF, and A\* in identifying the optimal path, computational efficiency, and execution time for generating routes in an autonomous vehicle. Experiments were conducted using road coordinate data from the Universitas Sriwijaya campus, representing suburban road conditions in Indonesia. The results showed that the A\* algorithm excels in finding optimal routes, with an average path length of 0.48 km and a 100 % success rate. This is due to its heuristic, Euclidean-based approach. Meanwhile, ACO achieved an average path length of 0.57 km with a 100 % success rate, whereas APF achieved 0.36 km with a 41 % success rate. ACO demonstrated varied route performance due to its probabilistic nature, while APF generated paths more quickly but often failed in complex environments due to local minimum traps. Regarding computation time, an increase in distance leads to a longer route formation time for APF and A\*, respectively. However, in ACO, route distance does not directly determine the time required for route formation, as the algorithm incorporates a probability factor in the process. This study confirms that A\* is more optimal for global path planning, whereas APF is better suited for local path planning. These findings provide valuable insights into the development of autonomous vehicle navigation in unstructured environments.

**Keywords:** ant colony optimization, artificial potential fields, A\*, autonomous vehicles, path planning.

## References

1. Alaliyat, S., Oucheikh, R., Hameed, I. (2019). Path Planning in Dynamic Environment Using Particle Swarm Optimization Algorithm. 2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Applied Optimization (ICMSAO), 1–5. <https://doi.org/10.1109/icmsao.2019.8880434>
2. Sari, D. W., Dwijayanti, S., Suprpto, B. Y. (2023). Path Planning for an Autonomous Vehicle based on the Ant Colony Algorithm: A Review. 2023 International Workshop on Artificial Intelligence and Image Processing (IWAIIIP), 57–62. <https://doi.org/10.1109/iwaiip58158.2023.10462744>
3. Jin, Q., Tang, C., Cai, W. (2022). Research on Dynamic Path Planning Based on the Fusion Algorithm of Improved Ant Colony Optimization and Rolling Window Method. *IEEE Access*, 10, 28322–28332. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3064831>
4. Chen, Y., Luo, W., Wang, M., Su, Y., Zhang, H. (2022). UAV 3D Path Planning Based on PSO-ACO Fusion Algorithm. 2022 37th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), 599–604. <https://doi.org/10.1109/yac57282.2022.10023579>
5. Qin, H., Shao, S., Wang, T., Yu, X., Jiang, Y., Cao, Z. (2023). Review of Autonomous Path Planning Algorithms for Mobile Robots. *Drones*, 7 (3), 211. <https://doi.org/10.3390/drones7030211>
6. Zhang, H., Lin, W., Chen, A. (2018). Path Planning for the Mobile Robot: A Review. *Symmetry*, 10 (10), 450. <https://doi.org/10.3390/sym10100450>

7. Tao, Y., Gao, H., Ren, F., Chen, C., Wang, T., Xiong, H., Jiang, S. (2021). A Mobile Service Robot Global Path Planning Method Based on Ant Colony Optimization and Fuzzy Control. *Applied Sciences*, 11 (8), 3605. <https://doi.org/10.3390/app11083605>
8. Yu, X., Chen, W.-N., Gu, T., Yuan, H., Zhang, H., Zhang, J. (2019). ACO-A\*: Ant Colony Optimization Plus A\* for 3-D Traveling in Environments With Dense Obstacles. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 23 (4), 617–631. <https://doi.org/10.1109/tevc.2018.2878221>
9. Tang, B., Zhu, Z., Luo, J. (2016). Hybridizing Particle Swarm Optimization and Differential Evolution for the Mobile Robot Global Path Planning. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 13 (3). <https://doi.org/10.5772/63812>
10. Shi, K., Huang, L., Jiang, D., Sun, Y., Tong, X., Xie, Y., Fang, Z. (2022). Path Planning Optimization of Intelligent Vehicle Based on Improved Genetic and Ant Colony Hybrid Algorithm. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.905983>
11. Zhang, J., Wu, J., Shen, X., Li, Y. (2021). Autonomous land vehicle path planning algorithm based on improved heuristic function of A-Star. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 18 (5). <https://doi.org/10.1177/17298814211042730>
12. Orozco-Rosas, U., Montiel, O., Sepúlveda, R. (2019). Mobile robot path planning using membrane evolutionary artificial potential field. *Applied Soft Computing*, 77, 236–251. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.01.036>
13. Park, C., Kee, S.-C. (2021). Online Local Path Planning on the Campus Environment for Autonomous Driving Considering Road Constraints and Multiple Obstacles. *Applied Sciences*, 11 (9), 3909. <https://doi.org/10.3390/app11093909>
14. Szczepanski, R., Bereit, A., Tarczewski, T. (2021). Efficient Local Path Planning Algorithm Using Artificial Potential Field Supported by Augmented Reality. *Energies*, 14 (20), 6642. <https://doi.org/10.3390/en14206642>
15. Fu, J., Lv, T., Li, B. (2022). Underwater Submarine Path Planning Based on Artificial Potential Field Ant Colony Algorithm and Velocity Obstacle Method. *Sensors*, 22 (10), 3652. <https://doi.org/10.3390/s22103652>
16. I Hamad, I. I., Hasan, M. S. (2020). A Review: On using ACO Based Hybrid Algorithms for Path Planning of Multi-Mobile Robotics. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 14 (18), 145. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16371>
17. Che, G., Liu, L., Yu, Z. (2019). An improved ant colony optimization algorithm based on particle swarm optimization algorithm for path planning of autonomous underwater vehicle. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11 (8), 3349–3354. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01531-8>
18. Ou, J., Wang, M. (2019). Path Planning for Omnidirectional Wheeled Mobile Robot by Improved Ant Colony Optimization. 2019 Chinese Control Conference (CCC), 2668–2673. <https://doi.org/10.23919/chcc.2019.8866228>
19. Li, X., Li, Q., Zhang, J. (2022). Research on global path planning of unmanned vehicles based on improved ant colony algorithm in the complex road environment. *Measurement and Control*, 55 (9-10), 945–959. <https://doi.org/10.1177/00202940221118132>
20. Fidanova, S. (2021). Ant Colony Optimization and Applications. In *Studies in Computational Intelligence*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67380-2>
21. Zhang, Z., Chen, S., Li, Y., Wang, L., Ren, R., Xu, L. et al. (2022). Local Path Planning of Unmanned Underwater Vehicle Based on Improved APF and Rolling Window Method. 2022 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI), 542–549. <https://doi.org/10.1109/iccsi55536.2022.9970658>
22. Chen, G., Liu, J. (2019). Mobile Robot Path Planning Using Ant Colony Algorithm and Improved Potential Field Method. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/1932812>
23. Yang, R., Cheng, L. (2019). Path Planning of Restaurant Service Robot Based on A-star Algorithms with Updated Weights. 2019 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), 292–295. <https://doi.org/10.1109/iscid.2019.00074>
24. Ju, C., Luo, Q., Yan, X. (2020). Path Planning Using an Improved A-star Algorithm. 2020 11th International Conference on Prognostics and System Health Management (PHM-2020 Jinan), 23–26. <https://doi.org/10.1109/phm-jinan48558.2020.00012>
25. Suprpto, B. Y., Jonathan, J., Dwijayanti, S. (2023). Implementation of the A\* Algorithm for Determining the Best Route for an Autonomous Electric Vehicle. 2023 International Workshop on Artificial Intelligence and Image Processing (IWAIP), 304–308. <https://doi.org/10.1109/iwaiip58158.2023.10462790>
26. Sun, Y., Fang, M., Su, Y. (2021). AGV Path Planning based on Improved Dijkstra Algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 1746 (1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1746/1/012052>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327109**  
**IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION**  
**CONVOYS USING UNMANNED VEHICLES (p. 25–36)**

**Mikhail Podrigalo**

Kharkiv National Automobile and  
 Highway University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>

**Ruslan Kaidalov**

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5131-6246>

**Igor Gritsuk**

Kherson State Maritime Academy, Odesa, Ukraine  
 Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

**Stanislav Horielyshev**

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1689-0901>

**Andriy Nikorchuk**

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2683-9106>

**Dmytro Klets**

Kharkiv National Automobile and  
 Highway University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7463-1030>

**Serhii Sokolovskiy**

Transport Academy of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0481-3506>

**Inna Shevchenko**

Kharkiv National Automobile and  
 Highway University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0758-9244>

**Mykhailo Kholodov**

Kharkiv National Automobile and  
 Highway University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5098-0022>

**Dmitro Baulin**

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7082-6954>

The object of this study is the movement process of a vehicle  
 convoy formed with the help of unmanned vehicles.



The research aims to solve the task related to improving the controllability, maneuverability, energy efficiency of vehicle convoys, as well as the throughput capacity of roads. One of the ways to address this issue is the use of unmanned vehicles.

The subject of this study is the assessment of the possibility to improve the indicators of maneuverability, controllability, energy efficiency of vehicle convoys, as well as the throughput capacity of roads, through the use of unmanned vehicles.

During the study, the concepts of controllability and maneuverability of unmanned vehicle convoys have been defined. The relationship between the use of unmanned vehicles and the improvement of maneuverability and controllability of convoys was established. The use of unmanned vehicles makes it possible to eliminate the need to consider braking distance when setting inter-vehicle distances and to reduce the safety gap from 5 meters to zero.

The paper shows that the use of unmanned vehicle convoys improves maneuverability and controllability compared to conventional convoys. For example, the time to pass a short road section for a convoy of 40 vehicles traveling at 90 km/h is reduced by 60 seconds, and the length of a convoy of 20 vehicles moving at the same speed is reduced by 800 meters.

An evaluation of the reduction in energy consumption for convoys with unmanned vehicles was carried out. A condition was derived, the fulfillment of which ensures a reduction in additional engine energy losses through the use of unmanned vehicles in a convoy.

Applying the results will make it possible to bring the efficiency of road transport to the level of railroad transport, which is achieved by assembling vehicle trains.

**Keywords:** vehicle convoy, unmanned vehicle, convoy maneuverability, convoy controllability, convoy speed, road throughput capacity.

## References

1. Perspektyva vykorystannia bezpilotnykh avtokolon. Available at: <https://www.ukrmilitary.com/2021/05/robovehicle.html?m=0>
2. Podrigalo, M., Klets, D., Podrigalo, N., Abramov, D., Tarasov, Y., Kaidalov, R. et al. (2017). Creation of the energy approach for estimating automobile dynamics and fuel efficiency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (89)), 58–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110248>
3. Velyka Brytaniya stala pershoiu krainoiu v Yevropi, yaka dozvolyla peresuvatsia dorohamy na avtopiloti. Available at: <https://autogeek.com.ua/velyka-brytaniya-stala-pershoiu-krainoiu-v-ievropi-iaka-dozvolyla-peresuvatsia-dorohamy-na-avtopiloti/>
4. V Turcii predstavili bespilotnyy elektroavtobus sobstvennoy razrabotki. Available at: <https://kontrakty.ua/article/170044>
5. Vpershe u Yevropi: Malaha dozvolyla elektroavtobus bez vodiya na dorohakh mista. Available at: <https://www.pravda.com.ua/news/2021/02/26/7284897>
6. U Vilnysi vpershe v Yevropi pochaly kursuvaty bezpilotni avtomobili. Available at: <https://www.lrt.lt/ua/novini/1263/2025524/u-vil-niusi-vpershe-v-evropi-pochali-kursuvaty-bezpilotni-avtomobili?srltid=AfmBOorehFB42ydvhd9-U6XTGHTlackKIPazWGKZdCBH-d2JulEEuEbg>
7. Kuric, I., Gorobchenko, O., Litikova, O., Gritsuk, I., Mateichyk, V., Bulgakov, M., Klackova, I. (2020). Research of vehicle control informative functioning capacity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 776 (1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/776/1/012036>
8. Mateichyk, V., Saga, M., Smieszek, M., Tsiuman, M., Goridko, N., Gritsuk, I., Symonenko, R. (2020). Information and analytical system to monitor operating processes and environmental performance of vehicle propulsion systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 776 (1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/776/1/012064>
9. Podrigalo, M., Klets, D., Sergiyenko, O., Gritsuk, I. V., Soloviov, O., Tarasov, Y. et al. (2018). Improvement of the Assessment Methods for the Braking Dynamics with ABS Malfunction. *SAE Technical Paper Series*. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1881>
10. Gnatov, A., Argun, S., Rudenko, N. (2017). Smart road as a complex system of electric power generation. 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 457–461. <https://doi.org/10.1109/ukrcon.2017.8100531>
11. Klets, D., Gritsuk, I. V., Makovetskyi, A., Bulgakov, N., Podrigalo, M., Kyrychenko, I. et al. (2018). Information Security Risk Management of Vehicles. *SAE Technical Paper Series*. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>
12. Mikhalevich, M., Yarita, A., Turenko, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. V., Bogomolov, V. et al. (2018). Assessment of Operation Speed and Precision of Electropneumatic Actuator of Mechanical Transmission Clutch Control System. *SAE Technical Paper Series*. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1295>
13. Bezpilotni elektrovantazhivky. Shcho vidbuvaetsia na rynku ta yak tse vplyne na Ukrainu. Available at: <https://tech.liga.net/ua/technology/article/bezpilotni-elektrovantazhivky-shcho-vidbuvaetsia-na-ryнку-ta-iaak-tse-vplyne-na-ukrainu>
14. Vachtsevanos, G., Lee, B., Oh, S., Balchano, M. (2018). Resilient Design and Operation of Cyber Physical Systems with Emphasis on Unmanned Autonomous Systems. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 91 (1), 59–83. <https://doi.org/10.1007/s10846-018-0881-x>
15. Mu, D., Wang, G., Fan, Y., Qiu, B., Sun, X. (2019). Adaptive course control based on trajectory linearization control for unmanned surface vehicle with unmodeled dynamics and input saturation. *Neurocomputing*, 330, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.09.015>
16. Durst, P. J., Goodin, C. T., Bethel, C. L., Anderson, D. T., Carruth, D. W., Lim, H. (2018). A Perception-Based Fuzzy Route Planing Algorithm for Autonomous Unmanned Ground Vehicles. *Unmanned Systems*, 06 (04), 251–266. <https://doi.org/10.1142/s2301385018500073>
17. Gottlieb, Y., Manathara, J. G., Shima, T. (2017). Multi-Target Motion Planning Amidst Obstacles for Autonomous Aerial and Ground Vehicles. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 90 (3-4), 515–536. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0684-5>
18. Bermúdez, A., Casado, R., Fernández, G., Guijarro, M., Olivas, P. (2019). Drone challenge: A platform for promoting programming and robotics skills in K-12 education. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16 (1). <https://doi.org/10.1177/1729881418820425>
19. Batrakova, A., Gredasova, O. (2016). Influence of Road Conditions on Traffic Safety. *Procedia Engineering*, 134, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.060>
20. Golovan, A., Gritsuk, I., Popeliuk, V., Sherstyuk, O., Honcharuk, I., Symonenko, R. et al. (2020). Features of Mathematical Modeling in the Problems of Determining the Power of a Turbocharged Engine According to the Characteristics of the Turbocharger. *SAE Int. J. Engines*, 13 (1), 5–16. <https://doi.org/10.4271/03-13-01-0001>
21. Podryhalo, M. A., Sheludchenko, V. V. (2015). Nove v teorii ekspluatatsiynykh vlastyvostei avtomobiliv ta traktoriv. *Summy: Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet*, 213. Available at: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/2859/1/Подригало%20М.%20А.%20Нове%20в%20теорії%20експлуатаційних%20властивостей%20автомобілів%20та%20тракторів.pdf>
22. Turenko, A., Podrygalo, M., Klets, D., Hatsko, V., Barun, M. (2016). A method of evaluating vehicle controllability according to the dynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (81)), 29–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72117>
23. Podrigalo, M., Kaidalov, R., Klets, D., Podrigalo, N., Makovetskyi, A., Hatsko, V. et al. (2018). Synthesis of energyefficient acceleration control law of automobile. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (91)), 62–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121568>

24. Podryhalo, M. A., Kaidalov, R. O., Nikorchuk, A. I. (2012). Manevrenist ta kerovanist avtomobilnykh kolon vnutrishnikh viysk MVS Ukrainy. Vyznachennia poniat na kryteriyi otsiniuvannia. Zbirnyk naukovykh prats Akademiyi vnutrishnikh viysk MVS Ukrainy, 2 (20), 74–76.
25. Ayers, P., Rice, M. (2017). Analysis of vehicle platoon movement and speed-spacing relationships during military exercises. *Journal of Terramechanics*, 73, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2017.05.001>
26. Ju, B. J., Chung, B. D. (2024). Robust convoy movement problem under travel time uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 190, 103091. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2024.103091>
27. Gray, J. P., Vantsevich, V. V. (2015). Multi-vehicle convoy mobility in severe terrain conditions: Factor impact analysis, estimation and control strategy. *Journal of Terramechanics*, 61, 43–61. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2015.04.002>
28. Li, Q., Li, X. (2022). Trajectory planning for autonomous modular vehicle docking and autonomous vehicle platooning operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 166, 102886. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102886>
29. Li, J., Fotouhi, A., Liu, Y., Zhang, Y., Chen, Z. (2024). Review on eco-driving control for connected and automated vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 114025. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114025>
30. Yao, Z., Wu, Y., Wang, Y., Zhao, B., Jiang, Y. (2023). Analysis of the impact of maximum platoon size of CAVs on mixed traffic flow: An analytical and simulation method. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 147, 103989. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103989>
31. Parsadanov, I., Marchenko, A., Tkachuk, M., Kravchenko, S. Polyvi-anchuk, A., Stokov, A. et al. (2020). Complex Assessment of Fuel Efficiency and Diesel Exhaust Toxicity. SAE Technical Paper. <https://doi.org/10.4271/2020-01-2182>
32. Podrigalo, M., Bogomolov, V., Kholodov, M., Koryak, A., Turenko, A., Kaidalov, R. et al. (2020). Energy Efficiency of Vehicles with Combined Electromechanical Drive of Driving Wheels. SAE Technical Paper Series. <https://doi.org/10.4271/2020-01-2260>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326776

# IDENTIFYING THE IMPACT OF NEW AIRPORTS ON AIR PASSENGER MOVEMENT PATTERNS: A STUDY OF REGIONAL CONNECTIVITY (p. 37–46)

**Alifia Dian Khoiriani**

Universitas Brawijaya, Malang, East Java, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4789-0518>

**Ludfi Djakfar**

Universitas Brawijaya, Malang, East Java, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2812-9263>

**Agus Dwi Wicaksono**

Universitas Brawijaya, Malang, East Java, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3079-3270>

**Muh Miftahulkhair**

Universitas Sulawesi Barat, Sulawesi Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1739-6320>

This study investigates the impact of the newly constructed Kediri Airport on air passenger movement patterns in East Java, with a focus on its effect on the existing Juanda and Abdulrachman Saleh Airports. The research addresses the issue of congestion at these primary airports and explores the potential for passenger redistribution with the introduction of a new airport. Using stated preference methods, this study examines how variations in travel costs and time influence passengers' choices between airports and their shifting patterns.

The results indicate that Kediri Airport, due to its improved accessibility and service quality, holds significant potential to divert

passenger traffic from Juanda and Abdulrachman Saleh. Projections show that by 2024, Kediri could capture up to 42 % of the passenger traffic currently centered at these primary airports, significantly easing congestion at the main airports. Additionally, the study suggests that the implementation of a Multi-Airport System (MAS) could effectively manage this redistribution, optimizing the use of regional airports and enhancing overall connectivity across East Java.

The findings contribute valuable insights into strategic airport network planning and emphasize Kediri's role in enhancing regional mobility and supporting economic growth. These results are highly relevant for infrastructure planning, where MAS can be leveraged to optimize airport operations and ensure sustainable growth.

**Keywords:** multi-airport system, passenger preferences, regional air traffic distribution, transport infrastructure.

## References

1. Qi, Y., Wei, W., Han, R. (2020). Research on Regional Multi-Airport Passenger Source Competition Based on Hotelling Model. *Resilience and Sustainable Transportation Systems*, 237–245. <https://doi.org/10.1061/9780784482902.027>
2. Baker, D., Merkert, R., Kamruzzaman, Md. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography*, 43, 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001>
3. Zhou, Z., Li, Y. (2024). Research on the Influence of Ten-Million-Level Airports on Regional Economic Growth. *The Proceedings of the 11th International Conference on Traffic and Transportation Studies*, 347–355. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-9644-1\\_37](https://doi.org/10.1007/978-981-97-9644-1_37)
4. Song, K.-H., Suh, W. (2022). Perceptions on Regional Benefit of Airport Development and Operation. *Applied Sciences*, 12 (9), 4340. <https://doi.org/10.3390/app12094340>
5. Miftahulkhair, M., Arifin, M. Z., Sutikno, F. R. (2024). Effects of using lannea coromandelica gum and coal waste in hot mix asphalt pavement on vehicle overloading. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1416 (1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1416/1/012042>
6. Damayanti, F. A. P., Arifin, M. Z., Sutikno, F. R., Miftahulkhair, M. (2024). Identifying the vehicle accident models based on driving behavior factors using structural equation modeling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (129)), 85–93. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306781>
7. Putranto, A. W., Arifin, M. Z., Sutikno, F. R., Bowoputro, H., Miftahulkhair, M. (2025). Modeling of carbon monoxide emission dispersion of vehicles in Malang city using AERMOD. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 188–198. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2025.003653>
8. Ariati, A., Arifin, M. Z., Sutikno, F. R., Bowoputro, H., Miftahulkhair, M. (2024). Identifying the influence of traffic management on vehicle emissions and the distribution of air dispersion in the Makassar port area. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (129)), 84–91. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.307037>
9. Eie, W.-Y., Hong, J., Park, D. (2019). Evaluating the Competitiveness for Major International Airports in Northeast Asia. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23 (2), 844–849. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-0254-9>
10. Beria, P., Laurino, A., Nadia Postorino, M. (2017). Low-Cost Carriers and Airports: A Complex Relationship. *The Economics of Airport Operations*, 361–386. <https://doi.org/10.1108/s2212-16092017000006014>
11. Budd, L., Ison, S., Budd, T. (2016). Improving the environmental performance of airport surface access in the UK: The role of public transport. *Research in Transportation Economics*, 59, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.04.013>
12. Bonnefoy, P. A., de Neufville, R., Hansman, R. J. (2010). Evolution and Development of Multiairport Systems: Worldwide Perspective.

- Journal of Transportation Engineering, 136 (11), 1021–1029. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-947x\(2010\)136:11\(1021\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-947x(2010)136:11(1021))
13. de Paula, R. O., Silva, L. R., Vilela, M. L., Cruz, R. O. M. (2019). Forecasting passenger movement for Brazilian airports network based on the segregation of primary and secondary demand applied to Brazilian civil aviation policies planning. *Transport Policy*, 77, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.02.003>
  14. Liu, S., Wang, S., Hu, M., Yang, L., Liu, L., Wang, Y. (2024). Allocating New Slots in a Multi-Airport System Based on Capacity Expansion. *Aerospace*, 11 (12), 1000. <https://doi.org/10.3390/aerospace11121000>
  15. Gupta, S., Vovsha, P., Donnelly, R. (2008). Air Passenger Preferences for Choice of Airport and Ground Access Mode in the New York City Metropolitan Region. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2042 (1), 3–11. <https://doi.org/10.3141/2042-01>
  16. Das, A. K., Kumar Bardhan, A., Fageda, X. (2022). What is driving the passenger demand on new regional air routes in India: A study using the gravity model. *Case Studies on Transport Policy*, 10 (1), 637–646. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.024>
  17. Conventz, S., Thierstein, A. (2014). The spatial distribution of airport-related economic activity: Where are the jobs? *Airports, Cities and Regions*, 43–60. <https://doi.org/10.4324/9780203798829-10>
  18. Dolman, N., Vorage, P. (2019). Preparing Singapore Changi Airport for the effects of climate change. *Journal of Airport Management*, 14 (1), 54. <https://doi.org/10.69554/vet9210>
  19. Murniati, Wenzano, P. P. (2024). Impact of Transportation Infrastructure on Tourism Development: Analyzing Factors Influencing Visit Decisions and Economic Welfare Improvement. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 22 (2). <https://doi.org/10.57239/pjlls-2024-22.2.00818>
  20. Sperry, B. R., Larson, S., Leucinger, D., Janowiak, S., Morgan, C. A. (2012). Intercity Passenger Rail Access to Airports. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2300 (1), 22–30. <https://doi.org/10.3141/2300-03>
  21. Hou, S., Zhang, Z., Peng, J., Chen, X. (2025). Multi-airport system management strategies considering air-rail intermodality and social welfare. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 194, 103882. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103882>
  22. Cheung, T. K.-Y., Wong, W., Zhang, A., Wu, Y. (2020). Spatial panel model for examining airport relationships within multi-airport regions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 133, 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.011>
  23. Henke, R., Lammering, T., Anton, E. (2010). Impact of an Innovative Quiet Regional Aircraft on the Air Transportation System. *Journal of Aircraft*, 47 (3), 875–886. <https://doi.org/10.2514/1.45785>
  24. Pinon, O. J., Garcia, E., Mavris, D. (2010). Development of an options-based approach to the selection of adaptable and airport capacity-enhancing technology portfolios. 27th Congress of International Council of the Aeronautical Sciences. Available at: [https://www.icas.org/icas\\_archive/ICAS2010/PAPERS/079.PDF](https://www.icas.org/icas_archive/ICAS2010/PAPERS/079.PDF)

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325177

# OPTIMIZATION OF PRICING AND ORDERING DECISIONS UNDER DUOPOLY COMPETITION FOR NEW AND REMANUFACTURED PRODUCTS IN A CIRCULAR SUPPLY CHAIN (p. 47–54)

Debrina Puspita Andriani

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2805-9824>

Sugiono

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1605-5124>

L. Tri Wijaya N. Kusuma

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5275-6457>

Riesa Aliya Tuhfah

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9766-5672>

Muhammad Rizki Ardiansah

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5371-1504>

This study explores pricing and order interval decisions for competing manufacturers in a circular supply chain. With a growing focus on environmental sustainability in a business, two duopolistically competing manufacturers offer different products to their customers, involving both new and remanufactured products. This research investigates the impact of various products on market demand by considering selling prices and inventories. It highlights how the selling price in the demand function is influenced not only by its price but also by competitors' prices. Additionally, it emphasizes the pivotal role of the order interval in determining product inventory. This research performs a quantitative method in the operational research. Initially, it structures the demand and profit functions for each manufacturer. By developing a Nash equilibrium model on the game theory, this study determines the optimal decisions for pricing and ordering interval to maximize profit for each manufacturer. The numerical results confirmed that the optimal prices and profits for the manufacturer selling new products ( $p_1=67$ ,  $\pi_1=1443.96$ ) are higher than the manufacturer ( $p_2=65$ ,  $\pi_2=1435.22$ ). Meanwhile, the comprehensive sensitivity analysis demonstrates that increasing the selling price ( $p_i=45\sim85$ ) and order interval ( $T_i=5.2\sim6$ ) will reduce the manufacturer's profit. On the other hand, increasing the competitors' selling price and order interval will strategically increase the manufacturer's profit. Furthermore, increasing the wholesale price ( $w_i=35\sim70$ ) and holding cost ( $h_i=0\sim15$ ) will decrease the order interval, increase the selling price, and ultimately reduce profit. The managerial insights summarize that it is imperative for a manufacturer to determine the optimal selling price and order interval to gain a competitive advantage when making pricing and ordering interval decisions.

**Keywords:** circular economy, duopoly competition, Nash game, pricing strategy, remanufacturing, supply chain design.

## References

1. Sakthivelmurugan, E., Senthilkumar, G., Karthick, K. N. (2022). Analysis of the impact of circular economy over linear economy in the paper processing industry. *Materials Today: Proceedings*, 66, 1446–1452. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.449>
2. Neves, S. A., Marques, A. C. (2022). Drivers and barriers in the transition from a linear economy to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130865. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130865>
3. Cesur, E., Cesur, M. R., Kayikci, Y., Mangla, S. K. (2022). Optimal number of remanufacturing in a circular economy platform. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25 (4-5), 454–470. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1825656>
4. Hazen, B. T., Mollenkopf, D. A., Wang, Y. (2017). Remanufacturing for the Circular Economy: An Examination of Consumer Switching Behavior. *Business Strategy and the Environment*, 26 (4), 451–464. <https://doi.org/10.1002/bse.1929>
5. Sitcharangsie, S., Ijomah, W., Wong, T. C. (2019). Decision makings in key remanufacturing activities to optimise remanufacturing outcomes: A review. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1465–1481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.204>
6. Yang, S. S., Ngiam, H. Y., Ong, S. K., Nee, A. Y. C. (2015). The Impact of Automotive Product Remanufacturing on Environmental



- Performance. *Procedia CIRP*, 29, 774–779. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.017>
7. Baldassarre, B., Maury, T., Mathieux, F., Garbarino, E., Antonopoulos, I., Sala, S. (2022). Drivers and Barriers to the Circular Economy Transition: The Case of Recycled Plastics in the Automotive Sector in the European Union. *Procedia CIRP*, 105, 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.007>
  8. Kurudzhy, Y., Mayorova, I., Moskvichenko, I. (2022). Building a model of supply chains duopoly taking into account the marketing and innovative activities of manufacturing enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (116)), 15–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253821>
  9. Andriani, D. P., Tseng, F.-S. (2023). Coordinating a dual-channel supply chain with pricing and extended warranty strategies under demand substitution effects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (123)), 45–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277293>
  10. Bobba, S., Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F., Dos Santos, F. M., Pekar, F. (2020). Analysing the contribution of automotive remanufacturing to the circularity of materials. *Procedia CIRP*, 90, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.052>
  11. Omair, M., Alkahtani, M., Ayaz, K., Hussain, G., Buhl, J. (2022). Supply Chain Modelling of the Automobile Multi-Stage Production Considering Circular Economy by Waste Management Using Recycling and Reworking Operations. *Sustainability*, 14 (22), 15428. <https://doi.org/10.3390/su142215428>
  12. Agrawal, R., Wankhede, V. A., Kumar, A., Luthra, S. (2021). Analysing the roadblocks of circular economy adoption in the automobile sector: Reducing waste and environmental perspectives. *Business Strategy and the Environment*, 30 (2), 1051–1066. <https://doi.org/10.1002/bse.2669>
  13. Prochatzki, G., Mayer, R., Haenel, J., Schmidt, A., Götze, U., Ulber, M. et al. (2023). A critical review of the current state of circular economy in the automotive sector. *Journal of Cleaner Production*, 425, 138787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138787>
  14. Liu, B., Chen, D., Zhou, W., Nasr, N., Wang, T., Hu, S., Zhu, B. (2018). The effect of remanufacturing and direct reuse on resource productivity of China's automotive production. *Journal of Cleaner Production*, 194, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.119>
  15. Shao, J., Huang, S., Lemus-Aguilar, I., Ünal, E. (2019). Circular business models generation for automobile remanufacturing industry in China: Barriers and opportunities. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(3), 542–571. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2019-0076>
  16. Geist, H., Balle, F. (2024). Remanufactured products, components, and their materials: A circularity engineering focused empirical status quo analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 45, 525–537. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.003>
  17. Liu, H., Ye, L., Sun, J. (2023). Automotive parts remanufacturing models: Consequences for ELV take-back under government regulations. *Journal of Cleaner Production*, 416, 137760. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137760>
  18. Wang, Y., Huscroft, J. R., Hazen, B. T., Zhang, M. (2018). Green information, green certification and consumer perceptions of remanufactured automobile parts. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.07.015>
  19. Moosmayer, D. C., Abdulrahman, M. D.-A., Subramanian, N., Bergkvist, L. (2020). Strategic and operational remanufacturing mental models: A study on Chinese automotive consumers buying choice. *International Journal of Operations & Production Management*, 40 (2), 173–195. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2018-0684>
  20. Wang, Y., Hazen, B. T. (2016). Consumer product knowledge and intention to purchase remanufactured products. *International Journal of Production Economics*, 181, 460–469. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.031>
  21. Yuliawati, E., Pratikto, P., Sugiono, S., Novareza, O. (2021). Development of cores acquisition model with two switching mechanisms in a retailer-oriented closed-loop supply chain system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (110)), 6–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225147>
  22. Chinen, K., Matsumoto, M. (2021). Indonesians' Perceptions of Auto Parts Remanufactured in China: Implications for Global Remanufacturing Operations. *Sustainability*, 13 (7), 3968. <https://doi.org/10.3390/su13073968>
  23. Chakraborty, K. (2021). Key decision-making areas of automotive engine remanufacturing: A case study. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 39 (3), 333. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2021.115794>
  24. Yu, Y., Zhou, D., Zha, D., Wang, Q. (2021). Joint optimization of charging facility investment and pricing in automobile retail supply chain and coordination. *Computers & Industrial Engineering*, 156, 107296. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107296>
  25. Andriani, D. P., Tseng, F.-S. (2023). Pricing and investment decisions when facing heterogeneous customers under different supply chain power structures. *Alexandria Engineering Journal*, 78, 390–405. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.07.057>
  26. Chakraborty, K., Mondal, S., Mukherjee, K. (2019). Critical analysis of enablers and barriers in extension of useful life of automotive products through remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1117–1135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.265>
  27. Gunasekara, H., Gamage, J., Punchihewa, H. (2020). Remanufacture for sustainability: Barriers and solutions to promote automotive remanufacturing. *Procedia Manufacturing*, 43, 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.146>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325217

# DEVELOPMENT OF STRATEGIES FOR IMPROVING BUTON ASPHALT DELIVERY SERVICES AT THE NAMBO PORT BUTON REGENCY (p. 55–65)

Andi Imam Arief Rachman

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2208-7757>

Achmad Wicaksono

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-7202>

Agus Dwi Wicaksono

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3079-3270>

The object of this study is the performance of port operational services, and formulate priority strategies to improve the performance of asphalt distribution services. It is focuses on Nambo Port, which has an important role in the distribution of Buton asphalt to various regions. The study aims to improve the operational efficiency and quality of asphalt delivery services at Nambo Port. Previous studies mentioned that the performance of asphalt loading and unloading at Nambo Port is not good. Therefore, to overcome the problem, this study tries to complement the previous study by applying the Kano model to evaluate and improve the service quality of Buton asphalt distribution at Nambo Port. The main findings show that the ratio of effective loading and unloading time and mooring time of ships reached 63,75 %, which are at least 70 %. In addition, the unloading rate of asphalt is 37,26 tons/hour, which are at least 100 tons/hour. These results show that ships spend a lot of time loading and unloading asphalt at the dock. Through the prioritized strategies generated from the Kano model, it is possible to address the identified problems. The resulting strategies emphasize the efficiency of loading and

unloading operations, heavy equipment readiness, expedition fleet readiness, fast and transparent administrative processes, and management of port facility infrastructure such as lighting, road conditions, and security. The proposed strategy can be applied in practice with infrastructure development, effective coordination between stakeholders, and monitoring of operations to ensure sustainability of improvements. Thus, the implementation of these strategies is expected to improve the performance of efficient.

**Keywords:** asphalt distribution, dry bulk port, service performance, user satisfaction, service priority.

## References

- Wicaksono, A., Djakfar, L. (2022). Improving Container Port Terminal Services' by Applying CSI and QFD. *The Open Transportation Journal*, 16 (1). <https://doi.org/10.2174/18744478-v16-e2201070>
- Utama, D. R., Hamsal, M., Rahim, R. K., Furinto, A. (2024). The effect of digital adoption and service quality on business sustainability through strategic alliances at port terminals in Indonesia. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 40 (1), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2023.12.001>
- O'Connor, E., Evers, N., Vega, A. (2023). Port capacity planning – A strategic management perspective. *Marine Policy*, 150, 105537. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105537>
- Pasetto, M., Giacomello, G. (2023). Technical-economic assessments on the feasibility of new infrastructures serving seaport and dry port of Venice. *Transportation Research Procedia*, 69, 839–846. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.243>
- Xu, H., Liu, J., Xu, X., Chen, J., Yue, X. (2024). The impact of AI technology adoption on operational decision-making in competitive heterogeneous ports. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 183, 103428. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103428>
- Muhajir, M., Sugiarto, S., Darma, Y. (2022). Kualitas Pelayanan Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue Berdasarkan Kriteria Kinerja Pelabuhan. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 5 (3), 149–159. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v5i3.25978>
- Ingsih, I., Arifin, M., Wicaksono, A. (2018). North Jamrud Terminal Warehouse Performance by The Effect of Halal Logistics Issue. *Civil and Environmental Science*, 001 (02), 041–051. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2018.00102.1>
- Setiowati, R., Putra, M. F. (2023). Struktur Biaya Produksi Aspal Buton Untuk Kebutuhan Infrastruktur Sebagai Substitusi Impor. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 21 (1), 35–42. <https://doi.org/10.52330/jtm.v21i1.94>
- Jokowi Bakal Setop Impor Aspal Mulai 2024. *Baca artikel CNN Indonesia*. Available at: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20221011124314-532-858990/jokowi-bakal-setop-impor-aspal-mulai-2024>
- Aldinoman, A., Kadir, A., Putra, A. A. (2023). Evaluasi Kinerja Pelabuhan Nambo Wilker Lawele Sebagai Simpul Utama Distribusi Aspal Buton. *Jurnal Manajemen Rekayasa (Journal of Engineering Management)*, 5 (1), 1. <https://doi.org/10.33772/jmr.v5i1.43267>
- PUPR Dorong Penggunaan Aspal Buton, Target 112.000 Ton Kebutuhan Nasional (2023). Available at: <https://www.detik.com/sulsel/berita/d-6777723/pupr-dorong-penggunaan-aspal-buton-target-112-000-ton-kebutuhan-nasional>
- Rahman, N. S. F. A., Othman, M. K., Sanusi, I. A., Arof, A. M., Ismail, A. (2019). Evaluation of Delay Factors on Dry Bulk Cargo Operation in Malaysia: A Case Study of Kemaman Port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35 (3), 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.09.001>
- Alfaridi, N., Nasution, S., Yudha, A., Nuryadi, P., Trisakti, S. (2018). Productivity of Dry Bulk Unloading of Food Grain at Jetty005c at PT Indonesia Port II. *Journal of Transport and Logistic Business Management*.
- Haraldson, S., Lind, M., Breitenbach, S., Croston, J. C., Karlsson, M., Hirt, G. (2020). The Port as a Set of Socio-technical Systems: A Multi-organisational View. *Maritime Informatics*, 47–63. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50892-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50892-0_4)
- Malisan, J. (2020). Pengaruh Pelayanan Kapal dan Barang Terhadap Kinerja Produktivitas Bongkar Muat Pelabuhan Sunda Kelapa. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 16 (2), 81–86. <https://doi.org/10.25104/transla.v16i2.43>
- Kholdun, A., Suryailahi, V., Muajir. (2018). Container Loading and Unloading and Settlement Time (Turn Round Time). *Journal of Transport and Logistic Business Management*, 4 (3), 297–302.
- Putra, A. A., Djalante, S. (2016). Port Infrastructure Development in Supporting Sustainable Development. *Scientific Journal of Media Engineering*, 6 (1). Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/11627>
- Ojala, L., Arvis, J.-F., Shepherd, B., Wiederer, C., Raj, A., Dairabayeva, K., Kiiski, T. (2018). Connecting to Compete 2018. *World Bank*. <https://doi.org/10.1596/29971>
- Raekhan, M. R., Djakfar, L., Pujiraharjo, A. (2017). Evaluation of Loading and unloading at Gresik Public Port. *Journal of Transport*, 17 (2).
- Djahamou, P. D. K., Djakfar, L., Wicaksono, A. (2019). Analysis of Operational Service Performance in Container Terminal (Case Study: Tenau-Kupang Port). *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4 (4), 142–145. Available at: <https://paper.researchbib.com/view/paper/247662>
- Firmansyah, S., Anwar, M., Pujiraharjo, A. (2016). Makassar Port Development Study in Supporting the Flow of Loading and Unloading at Makassar Port. *Journal of Civil Engineering*.
- Ulfany, A. F., Wicaksono, A., Anwar, M. R. (2017). Kajian Kinerja Pelayanan General Cargo Terminal Jamrud Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Rekayasa Sipil*, 11 (3), 245–252. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil/2017.011.03.10>
- Andrian Perdana, F., Pujiraharjo, A., Wijatmiko, I. (2017). Characteristics of Ship Queues and Factors Affecting Ship Waiting Time at Tanjung Perak Port. *Journal of Civil Engineering*, 11 (3).
- Regional Regulation Number 8 of 2021 concerning the Buton Regency Industrial Development Plan for 2021-2041 (2021). Buton Regency. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/250348/perda-kab-buton-no-8-tahun-2021>
- Regulation of the Directorate General of Sea Transportation No. HK103/2/2/DJPL/-17 (2017). Directorate General of Sea Transportation of the Republic of Indonesia. Available at: <https://id.scribd.com/document/407694978/Pedoman-Perhitungan-Kinerja-Pelayanan-Pelabuhan>
- Kano, N., K. Seraku, N., Takahashi, F., Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-be Quality. *Journal of The Japanese Society for Quality Control*, 14 (2), 147–156. [https://doi.org/10.20684/quality.14.2\\_147](https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147)
- Siregar, S. (2017). Parametric Statistics for Quantitative Research Equipped with Manual Calculations and SPSS Version 17 Applications. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Jiang, Q., Wang, Z., Sun, J. (2023). Investigating quality factors of interactive fitness games based on Kano model. *Kybernetes*, 53 (12), 5626–5647. <https://doi.org/10.1108/k-04-2023-0569>
- Walden, D. (1993). Special issue on Kano's Methods for Understanding Customer Defined Quality. *The Center for Quality of Management Journal*, 2 (4), 3–35.
- Operational Performance Data of Nambo Port. Bau-bau: KSOP Class II Bau-bau Republic of Indonesia (2024). Bau-bau Class II Port Authority and Harbor Authority Office.
- Decree of the Directorate General of Sea Transportation No. UM.002/38/18/DJM.11 on Port Operational Service Performance Standards (2011). Directorate General of Sea Transportation of the Republic of Indonesia.



DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327279

# DEVISING A METHOD TO ADAPTIVELY DETERMINE HUMAN MOVEMENT SPEED IN CROWD BEHAVIOR SIMULATION AT EXTREME EVENTS (p. 66–74)

Andrii Odeychuk

National Science Center "Kharkiv Institute of Physics and Technology", Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3061-2994>

The subject of this study is the dynamics of human flow at extreme events, which are modeled using a computer simulation model.

The task addressed relates to the insufficient accuracy in determining human speed with existing approaches when modeling crowd behavior at extreme events. Specifically, the desired walking speed of a person is set fixed or discretely, which can lead to significant errors as it does not correspond to real-world conditions. Models based on pre-collected data compromise accuracy under different conditions.

A method is proposed to adaptively determine human movement speed at extreme events, which takes into account individual spatial constraints and the narrowing of the effective field of view under stress. Simulation modeling has shown that the method devised significantly improves the accuracy of the models. The average modeling error decreased from 28.05 % to 12.06 % for a circular profile of human projection, and from 31.5 % to 6.09 % for an elliptical profile.

The results are explained by the individual consideration of local crowd density, realistic narrowing of the field of view within the range of 30° to 0.5°, and corresponding adaptive adjustment of the desired speed.

A feature of the devised method is its universality as it does not depend on a specific scenario or pre-collected empirical data. The method is based on general patterns of human interaction with the environment and is therefore suitable for use even in cases where field studies are impossible or difficult.

Provided that two-dimensional models are used, the proposed method could be applied to simulate crowd behavior in automated crowd management systems, software packages for assessing the safety of mass events, and designing evacuation routes.

**Keywords:** adaptation, speed, modeling, crowd, density, behavior, vision, evacuation, management, safety.

## References

- Odeychuk, A. M., Adamenko, M. I., Tkachenko, V. I. (2017). The three-component two-dimensional model of the human for description of crowd in the extreme situation. *Systemy obrobky informatsiyi*, 1 (147), 103–108. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2017\\_1\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2017_1_21)
- Yak podolaty strakh i diyaty pid chas povitrianoi tryvohy. *Interfax Ukraine*. Available at: <https://interfax.com.ua/news/press-release/987893.html>
- Odeychuk, A. N., Adamenko, N. I., Tkachenko, V. I. (2015). Modeli panikuyushey tolpy: sovremennyy vzglyad na problemu. *Kharkiv: KhHAFK*, 48.
- Odeychuk, A. N., Adamenko, N. I., Tkachenko, V. I. (2015). Comparative analysis of models for computer calculations of crowd behavior. *East European Journal of Physics*, 2 (3), 4–16. Available at: <https://periodicals.karazin.ua/eejp/article/view/4444>
- Akopov, A., Beklaryan, L. (2012). Simulation of human crowd behavior in extreme situations. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 79 (1), 121–138. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/267656334\\_Simulation\\_of\\_human\\_crowd\\_behavior\\_in\\_extreme\\_situations](https://www.researchgate.net/publication/267656334_Simulation_of_human_crowd_behavior_in_extreme_situations)
- Ding, N., Zhu, Y., Liu, X., Dong, D., Wang, Y. (2024). A modified social force model for crowd evacuation considering collision predicting behaviors. *Applied Mathematics and Computation*, 466, 128448. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.128448>
- Yan, D., Ding, G., Huang, K., Bai, C., He, L., Zhang, L. (2024). Enhanced Crowd Dynamics Simulation with Deep Learning and Improved Social Force Model. *Electronics*, 13 (5), 934. <https://doi.org/10.3390/electronics13050934>
- Wang, H., Liu, H., Li, W. (2025). Crowd evacuation path planning and simulation method based on deep reinforcement learning and repulsive force field. *Applied Intelligence*, 55 (4). <https://doi.org/10.1007/s10489-024-06074-w>
- Liu, P., Chao, Q., Huang, H., Wang, Q., Zhao, Z., Peng, Q. et al. (2022). Velocity-based dynamic crowd simulation by data-driven optimization. *The Visual Computer*, 38 (9-10), 3499–3512. <https://doi.org/10.1007/s00371-022-02556-5>
- Bendali-Braham, M., Weber, J., Forestier, G., Idoumghar, L., Muller, P.-A. (2021). Recent trends in crowd analysis: A review. *Machine Learning with Applications*, 4, 100023. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100023>
- Akopov, A. S., Beklaryan, L. A., Beklaryan, A. L. (2020). Cluster-Based Optimization of an Evacuation Process Using a Parallel Bi-Objective Real-Coded Genetic Algorithm. *Cybernetics and Information Technologies*, 20 (3), 45–63. <https://doi.org/10.2478/cait-2020-0027>
- Sharbini, H., Masrizal, N. A. binti, Chan, C. P., Shiang, C. W., Julaihi, A. A., Ping, T. P., Bolhassan, N. A. (2019). The Analysis of 2D Crowd Behaviour Simulation during Emergency Situation. *Proceedings of the 2019 5th International Conference on Industrial and Business Engineering*, 296–300. <https://doi.org/10.1145/3364335.3365586>
- Lungaro, P., Sjoberg, R., Valero, A. J. F., Mittal, A., Tollmar, K. (2018). Gaze-Aware Streaming Solutions for the Next Generation of Mobile VR Experiences. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24 (4), 1535–1544. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2018.2794119>
- Psychological Causes of Tunnel Vision: Stress and Panic Attacks. Available at: <https://my.klarity.health/psychological-causes-of-tunnel-vision-stress-and-panic-attacks>
- Ma, Y., Qi, S., Zhang, Y., Lian, G., Lu, W., Chan, C.-Y. (2020). Drivers' Visual Attention Characteristics under Different Cognitive Workloads: An On-Road Driving Behavior Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (15), 5366. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155366>
- Ross, D. L., Vilke, G. M. (2017). *Guidelines for Investigating Officer-Involved Shootings, Arrest-Related Deaths, and Deaths in Custody*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315560953>
- Tunnel Vision (2014). California Training Institute. Available at: <https://www.hptc-pro.com/wp-content/uploads/2014/01/Newsletter-4-Tunnel-Vision.pdf>
- Voronoi, G. (1908). Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. Premier mémoire. Sur quelques propriétés des formes quadratiques positives parfaites. *Journal Für Die Reine Und Angewandte Mathematik (Crelles Journal)*, 1908 (133), 97–102. <https://doi.org/10.1515/crll.1908.133.97>

АНОТАЦІЇ  
CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325104

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ НАДАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В СИСТЕМІ «НАСЕЛЕННЯ – ТРАНСПОРТ – АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ» (с. 6–15)****О. І. Мельниченко, О. С. Ігнатенко, В. М. Цибульський, О. С. Чечуга, І. А. Виговська, І. А. Дерезуз, А. А. Алімов**

Об'єкт дослідження – процес оцінювання рівня надання послуг громадського транспорту в містах. Досліджено проблематику розробки методу оцінювання рівня надання послуг громадського транспорту в частині впливу характеристик елементів системи «Населення – Транспорт – Автомобільна дорога – Навколишнє середовище». Визначено, що дані характеристики можуть слугувати предикторами – параметрами та засобами прогнозування, що визначають рівень якості послуг громадського транспорту для мешканців міста. Побудована логістична модель, яка складає основу методу оцінювання рівня надання послуг громадського транспорту. Такий підхід дозволить здійснити комплексне і взаємопов'язане вивчення соціальних і технологічних чинників транспортної діяльності суб'єктів.

Запропоновано метод діагностування логістичної моделі на адекватність та узгодженість з емпіричними даними, який базується на застосуванні критерію згоди Хосмера-Лемешова та ROC аналізу.

Виконано апробацію методу оцінювання рівня надання послуг громадського транспорту на прикладі міста обласного значення. Підтверджено адекватність методу за допомогою критерію Хосмера-Лемешова та ROC аналізу, які склали відповідно 8,892 та 0,3428. За результатами апробації розроблено пропозиції з покращення предикторів діяльності міських перевізників. Оцінено ефективність запропонованих заходів за процентною зміною витрат часу мешканців міста на пересування, що склала 17,5 %. Це підтверджує прийнятність розробленого методу.

Сферою використання методу може бути діяльність суб'єктів господарювання, які надають транспортні послуги населенню міст та суб'єктам місцевого самоврядування. Перспективою даного дослідження є його застосування до оцінки рівня якості надання транспортних послуг іншими видами пасажирського сполучення.

**Ключові слова:** рівень якості, логістична модель, ROC аналіз, тест Вальда, предиктори послуг.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323746

**РОЗРОБКА АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ В НЕСТРУКТУРОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ВПЛИВ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ПЛАНУВАННЯ ШЛЯХУ НА АВТОНОМНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ (с. 16–24)****Desi Windi Sari, Suci Dwijayanti, Bhakti Yudho Suprpto**

Система планування шляху була визначена як ефективний метод для оптимізації навігації, зниження споживання енергії та забезпечення безпеки в автономних транспортних засобах. Були проведені різні дослідження таких алгоритмів, як оптимізація мурашиної колонії (ОМК), штучне потенційне поле (ШППП) і алгоритм А\*. Однак лише кілька досліджень оцінили ефективність кожного з цих алгоритмів, особливо для автономних транспортних засобів, реалізованих у сценаріях реальної дороги. Таким чином, це дослідження спрямоване на оцінку ефективності ОМК, ШППП і А\* у визначенні оптимального шляху, обчислювальної ефективності та часу виконання для створення маршрутів в автономному транспортному засобі. Експерименти проводилися з використанням даних про координати доріг із кампусу Universitas Sriwijaya, які відображали умови приміських доріг в Індонезії. Результати показали, що алгоритм А\* чудово підходить для пошуку оптимальних маршрутів із середньою довжиною шляху 0,48 км і 100 % успіхом. Це пов'язано з його евристичним, евклідовим підходом. Водночас ОМК досяг середньої довжини шляху 0,57 км із 100 % успіхом, тоді як ШППП досяг 0,36 км із 41 % успіхом. ОМК продемонстрував різноманітну продуктивність маршруту завдяки своїй ймовірнісній природі, тоді як ШППП генерував шляхи швидше, але часто не вдавався в складних середовищах через локальні мінімальні пастки. Що стосується часу обчислення, збільшення відстані призводить до довшого часу формування маршруту для ШППП і А\* відповідно. Однак у ОМК відстань маршруту безпосередньо не визначає час, необхідний для формування маршруту, оскільки алгоритм включає в процес фактор ймовірності. Це дослідження підтверджує, що А\* є більш підходящим для глобального планування шляху, тоді як ШППП краще підходить для локального планування шляху. Ці висновки дають цінну інформацію про розвиток автономної навігації транспортних засобів у неструктурованих середовищах.

**Ключові слова:** оптимізація мурашиної колонії, штучні потенційні поля, А\*, автономні транспортні засоби, планування шляху.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327109

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОЛОН ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ АВТОМОБІЛІВ (с. 25–36)****М. А. Подригало, Р. О. Кайдалов, І. В. Грицук, С. А. Горелишев, А. І. Нікорчук, Д. М. Клец, С. А. Соколовський, І. Ю. Шевченко, М. П. Холодов, Д. С. Баулін**

Об'єктом дослідження є процес руху автомобільної колони, яка створена за допомогою безпілотних автомобілів.

Дослідження спрямовано на розв'язання проблеми, яка полягає у необхідності підвищення керованості, маневреності, енергоефективності транспортних колон, а також пропускну здатності автомобільних доріг. Одним із шляхів вирішення є використання безпілотних автомобілів.

Предмет дослідження – оцінка можливості поліпшення показників маневреності, керованості, енергоефективності автомобільних колон та пропускну здатності автомобільних доріг за рахунок використання безпілотних автомобілів.

У ході дослідження визначено поняття керованості та маневреності безпілотних транспортних колон. Визначено взаємозв'язок між використанням безпілотних автомобілів і підвищенням маневреності та керованості транспортних колон. Використання

безпілотних автомобілів дозволяє відмовитися від врахування при встановленні дистанції гальмівного шляху та зменшити шлях запасу з 5 м до нуля.

В роботі показано, що при використанні безпілотних транспортних колон показники маневреності та керованості зростають в порівнянні зі звичайними колонами. Так, час проходження ділянок шляху невеликої довжини для колони із 40 машин при швидкості 90 км/год буде скорочено на 60 с, а довжина колони із 20 машин, що рухаються зі швидкістю 90 км/год, на 800 м.

Проведено оцінювання зниження витрат енергії на рух колон з безпілотними автомобілями. Отримана умова, виконання якої забезпечує зниження додаткових витрат енергії двигуна з використанням безпілотних автомобілів у колоні.

Використання отриманих результатів дозволить підвиити ефективність використання автомобільного транспорту до рівня залізничного, що забезпечується створенням автомобільних потягів.

**Ключові слова:** транспортна колона, безпілотний автомобіль, маневреність колони, керованість колони, швидкість колони, пропускна здатність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326776

#### ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НОВИХ АЕРОПОРТІВ НА СХЕМИ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПАСАЖИРІВ: ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ (с. 37–46)

Alifia Dian Khoiriani, Ludfi Djakfar, Agus Dwi Wicaksono, Muh Miftahulkhair

У цій роботі досліджується вплив нещодавно побудованого аеропорту Кедірі на моделі авіапересування пасажирів у Східній Яві, зосереджуючись на його впливі на існуючі аеропорти Джуанда та Абдулрахман Салех. У дослідженні розглядається проблема завантаженості цих основних аеропортів і досліджується потенціал перерозподілу пасажирів із відкриттям нового аеропорту. Використовуючи методи заявлених переваг, у цій роботі досліджується, як варіації вартості поїздки та часу впливають на вибір пасажирів між аеропортами та їх схеми пересадок.

Результати показують, що аеропорт Кедірі завдяки покращеній доступності та якості обслуговування має значний потенціал для відволікання пасажиропотоку від Джуанди та Абдулрахмана Салеха. Прогнози показують, що до 2024 року Кедірі зможе охопити до 42 % пасажиропотоку, який зараз зосереджено в цих основних аеропортах, значно зменшивши затори в основних аеропортах. Крім того, дослідження показує, що впровадження багатоаеропортної системи (БАС) може ефективно керувати цим перерозподілом, оптимізуючи використання регіональних аеропортів і підвищуючи загальне підключення по всій Східній Яві.

Отримані дані дають цінну інформацію про стратегічне планування мережі аеропортів і підкреслюють роль Кедірі в підвищенні регіональної мобільності та підтримці економічного зростання. Ці результати дуже актуальні для планування інфраструктури, де БАС можна використовувати для оптимізації роботи аеропорту та забезпечення сталого зростання.

**Ключові слова:** багатоаеропортна система, переваги пасажирів, регіональний розподіл повітряного руху, транспортна інфраструктура.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325177

#### ОПТИМІЗАЦІЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ ТА ЗАМОВЛЕННЯ РІШЕНЬ В РАМКАХ ДУОПОЛІЧНОЇ КОНКУРЕНЦІЇ ДЛЯ НОВИХ ТА ВІДНОВЛЕНИХ ПРОДУКЦІЙ У КЛІЦЕВОМУ ЛАНЦЮГУ ПОСТАЧАННЯ (с. 47–54)

Debrina Puspita Andriani, Sugiono, L. Tri Wijaya N. Kusuma, Riesa Aliya Tuhfah, and Muhammad Rizki Ardiansah

У цій роботі досліджуються рішення щодо ціноутворення та інтервалу замовлення для конкуруючих виробників у циклічному ланцюжку поставок. Приділяючи дедалі більшу увагу екологічній стійкості в бізнесі, два дуополічно конкуруючі виробники пропонують своїм клієнтам різні продукти, включаючи як нові, так і відновлені продукти. У цій роботі досліджується вплив різних продуктів на ринковий попит, враховуючи ціни продажу та запаси. Це підкреслює, як на ціну продажу у функції попиту впливає не лише його ціна, але й ціни конкурентів. Крім того, це підкреслює ключову роль інтервалу замовлення у визначенні запасів продукту. Це дослідження виконує кількісний метод в оперативному дослідженні. Спочатку він структурує функції попиту та прибутку для кожного виробника. Розробляючи модель рівноваги Неша на основі теорії ігор, це дослідження визначає оптимальні рішення щодо ціноутворення та інтервалу замовлення, щоб максимізувати прибуток для кожного виробника. Чисельні результати підтвердили, що оптимальні ціни та прибутки для виробника, який продає нову продукцію ( $p_1=67$ ,  $\pi_1=1443,96$ ), вищі, ніж для виробника ( $p_2=65$ ,  $\pi_2=1435,22$ ). У той же час комплексний аналіз чутливості показує, що збільшення ціни продажу ( $p_1=45\sim85$ ) та інтервалу замовлення ( $T_i=5,2\sim6$ ) зменшить прибуток виробника. З іншого боку, збільшення ціни продажу конкурентів і інтервалу замовлення стратегічно збільшить прибуток виробника. Крім того, збільшення оптової ціни ( $w_i=35\sim70$ ) і вартості зберігання ( $h_i=0\sim15$ ) зменшить інтервал замовлення, збільшить ціну продажу та, зрештою, зменшить прибуток. Менеджерські висновки підсумовують, що для виробника вкрай важливо визначити оптимальну ціну продажу та інтервал замовлень, щоб отримати конкурентну перевагу під час прийняття рішень щодо ціноутворення та інтервалу замовлень.

**Ключові слова:** циркулярна економіка, дуополічна конкуренція, гра Неша, цінова стратегія, переробка, дизайн ланцюга поставок.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325217

#### РОЗРОБКА СТРАТЕГІЙ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПОСЛУГ ДОСТАВКИ АСФАЛЬТУ БУТОН У ПОРТУ НАМБО РЕГЕНТСТВА БУТОН (с. 55–65)

Andi Imam Arief Rachman, Achmad Wicaksono, Agus Dwi Wicaksono

Об'єктом цього дослідження є продуктивність портових експлуатаційних служб і сформулювати пріоритетні стратегії для покращення продуктивності послуг з розподілу асфальту. Він зосереджений на порту Намбо, який відіграє важливу роль у розподілі асфальту Бутон у різні регіони. Дослідження спрямоване на підвищення ефективності роботи та якості послуг доставки асфальту в порту Намбо. У попередніх дослідженнях говорилося, що продуктивність завантаження та розвантаження асфальту в порту Намбо



є поганою. Таким чином, щоб подолати проблему, в цьому дослідженні є намагання доповнити попереднє дослідження шляхом застосування моделі Кано для оцінки та покращення якості послуг розподілу асфальту Бутон у порту Намбо. Основні результати показують, що співвідношення ефективного часу завантаження та розвантаження та часу швартування суден досягло 63,75 %, що становить щонайменше 70 %. Крім того, швидкість вивантаження асфальту становить 37,26 т/год, що становить не менше 100 т/год. Ці результати показують, що кораблі витрачають багато часу на завантаження та розвантаження асфальту в доці. За допомогою пріоритетних стратегій, створених на основі моделі Кано, можна вирішити виявлені проблеми. Отримані стратегії наголошують на ефективності вантажно-розвантажувальних операцій, готовності важкого обладнання, готовності експедиційного флоту, швидких і прозорих адміністративних процесах та управлінні інфраструктурою портів засобів, наприклад освітленням, станом доріг і безпекою. Запропонована стратегія може бути застосована на практиці за умови розвитку інфраструктури, ефективної координації між зацікавленими сторонами та моніторингу операцій для забезпечення стабільності вдосконалень. Таким чином, очікується, що реалізація цих стратегій покращить результативність.

**Ключові слова:** розповсюдження асфальту, навалочний порт, якість обслуговування, задоволеність користувачів, пріоритетність обслуговування.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327279

## РОЗРОБКА МЕТОДУ АДАПТИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ЛЮДИНИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПОВЕДІНКИ НАТОВПУ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ (с. 66–74)

А. М. Одейчук

Об'єктом дослідження є динаміка руху людського потоку в екстремальних ситуаціях, що моделюється за допомогою імітаційної комп'ютерної моделі.

Проблема, що вирішувалася, полягає в недостатній точності визначення швидкості людини існуючими підходами при моделюванні поведінки натовпу в екстремальних ситуаціях. Зокрема, бажана швидкість руху людини задається фіксовано або дискретно, що може спричинити значну похибку через не відповідність реальним умовам. Моделі, засновані на попередньо зібраних даних, втрачають точність в інших умовах.

Запропоновано метод адаптивного визначення швидкості руху людини в екстремальних ситуаціях, який враховує індивідуальні просторові обмеження та звуження ефективного поля зору під дією стресу. Імітаційне моделювання показало, що розроблений метод суттєво покращує точність моделей. Середня похибка моделювання зменшилась із 28,05 % до 12,06 % для кругового профілю проєкції людини, та з 31,5 % до 6,09 % – для еліпсоподібного профілю.

Отримані результати пояснюються індивідуальним урахуванням локальної щільності натовпу, реалістичним звуженням поля зору в межах від 30° до 0,5° та відповідним адаптивним коригуванням бажаної швидкості.

Особливістю розробленого методу є його універсальність, оскільки він не залежить від конкретного сценарію або попередньо зібраних емпіричних даних. Метод ґрунтується на загальних закономірностях взаємодії людини з навколишнім середовищем і тому придатний до використання навіть у тих випадках, коли натурні дослідження неможливі або ускладнені.

За умови використання двовимірних моделей запропонований метод може бути застосований для моделювання поведінки натовпу в автоматизованих системах управління натовпом, програмних комплексах оцінки безпеки масових заходів та проєктування евакуаційних маршрутів.

**Ключові слова:** адаптація, швидкість, моделювання, натовп, щільність, поведінка, зір, евакуація, управління, безпека.