

ABSTRACT AND REFERENCES

CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302286
IDENTIFYING THE INFLUENCE OF LAND
LOGISTIC DRIVER COGNITIVE ENERGY IMPACT
ON SUPPLY CHAIN PERFORMANCE THROUGH
AGENT-BASED SIMULATION (p. 6–13)

Ishardita Pambudi Tama

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8392-6890>

Dewi Hardiningtyas

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8650-6437>

Adithya Sudiarno

Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7331-089X>

Aisyah Larasati

State University of Malang, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7084-8777>

Willy Satrio Nugroho

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8288-6287>

Logistic transports link demand generators, distributors, and producers in a supply chain network (SCN). The existence of logistic transports is critical to ensure whole nodes' economic sustainability. This study explores the impact of human factors on SCN performance through cognitive energy expenditure (CEE) tracking. Agent-based model (ABM) simulation was used to analyze the impact of CEE from truck driver's electroencephalography (EEG) data to obtain the postsynaptic potential values, which were then transformed to calorific energy. The fleet agents, retailers and distributor models were built based on the East Java, Indonesia, logistic transport route around Karanglo, Gempol, Bungurasih, and Gubeng. The frequency and the peak value of the EEG data, postsynaptic potential, and energy data indicate the same information. All data indicate that more challenging routes have higher frequency and higher peak values. The ABM simulation of the fleet agents shows balanced CEE throughout entire routes due to the precise rest period and eat scheduling. The average delivery success rate was 8 out of 30 or 26.7 % in each simulation time step. Hence, most goods delivery tasks can be completed by fleet agents in a balanced system. As a consequence, the SCN performance is also balanced due to the fluid inventory shift without overstock and stockouts. The rest and eat periods of a fleet agent were scheduled after the CEE has been peaked. The time lag between rest periods and transport operations has to be maintained to overcome fleet agents task buildup. Task buildup has a potential to decay both transport safety and inventory shift rates. Therefore, the upgrade in SCN performance is possible through proper fleet agents scheduling.

Keywords: cognitive energy expenditure (CEE), supply chain network (SCN), agent-based simulation, electroencephalography (EEG), logistic transport.

References

- Essakly, A., Wichmann, M., Spengler, T. S. (2019). A reference framework for the holistic evaluation of Industry 4.0 solutions for small-and medium-sized enterprises. *IFAC-PapersOnLine*, 52 (13), 427–432. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.093>
- Wang, S., Jiang, Z., Noland, R. B., Mondschein, A. S. (2020). Attitudes towards privately-owned and shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 72, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.014>
- Walker, G., Strathie, A. (2016). Big data and ergonomics methods: A new paradigm for tackling strategic transport safety risks. *Applied Ergonomics*, 53, 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.008>
- Dunn, N., Williamson, A. (2012). Mitigating the effects of monotony. *Rail Human Factors around the World*, 774–782. <https://doi.org/10.1201/b12742-87>
- Gerstner, W., Kistler, W. M., Naud, R., Paninski, L. (2014). *Neuronal Dynamics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107447615>
- Balfe, N. (2020). Human factors applications of on-train-data-recorder (OTDR) data: an exploratory study. *Cognition, Technology & Work*, 23 (2), 239–253. <https://doi.org/10.1007/s10111-019-00622-y>
- Basacik, D., Waters, S., Reed, N. (2015). Detecting Cognitive Underload in Train Driving: A Physiological Approach. *The Fifth International Rail Human Factors Conference*. Available at: <https://programme.exordo.com/rhf2015/delegates/presentation/42/>
- Zhang, X., Li, J., Liu, Y., Zhang, Z., Wang, Z., Luo, D. et al. (2017). Design of a Fatigue Detection System for High-Speed Trains Based on Driver Vigilance Using a Wireless Wearable EEG. *Sensors*, 17 (3), 486. <https://doi.org/10.3390/s17030486>
- Kazil, J., Masad, D. Agent Based Modeling in Python with Mesa. *SciPy 2015*. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=lcySLOprPMc>
- Zaitsev, D. A. (2017). A generalized neighborhood for cellular automata. *Theoretical Computer Science*, 666, 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2016.11.002>
- Meneghan, L. L. (1976). "Life," a fascinating game. *The Arithmetic Teacher*, 23 (1), 56–60. <https://doi.org/10.5951/at.23.1.0056>
- Joque, J. (2016). The Invention of the Object: Object Orientation and the Philosophical Development of Programming Languages. *Philosophy & Technology*, 29 (4), 335–356. <https://doi.org/10.1007/s13347-016-0223-5>
- Trigueiro de Sousa Junior, W., Barra Montevechi, J. A., de Carvalho Miranda, R., Teberga Campos, A. (2019). Discrete simulation-based optimization methods for industrial engineering problems: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 526–540. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.073>
- Iannino, V., Mocci, C., Vannocci, M., Colla, V., Caputo, A., Ferraris, F. (2020). An Event-Driven Agent-Based Simulation Model for Industrial Processes. *Applied Sciences*, 10 (12), 4343. <https://doi.org/10.3390/app10124343>
- Sarraj, R., Ballot, E., Pan, S., Hakimi, D., Montreuil, B. (2013). Interconnected logistic networks and protocols: simulation-based efficiency assessment. *International Journal of Production Research*, 52 (11), 3185–3208. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.865853>
- Xu, X., Liu, J., Li, H., Hu, J.-Q. (2014). Analysis of subway station capacity with the use of queueing theory. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.010>
- Jlassi, S., Tamayo, S., Gaudron, A. (2018). Simulation Applied to Urban Logistics: A State of the Art. *City Logistics* 3, 65–87. <https://doi.org/10.1002/9781119425472.ch4>
- Zhao, E., Yan, R., Li, K., Li, L., Xing, J. (2021). Learning to Play Hard Exploration Games Using Graph-Guided Self-Navigation. *2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. <https://doi.org/10.1109/ijcnn52387.2021.9534251>

19. Sert, E., Bar-Yam, Y., Morales, A. J. (2020). Segregation dynamics with reinforcement learning and agent based modeling. *Scientific Reports*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68447-8>
20. Li, J., Rombaut, E., Vanhaverbeke, L. (2021). A systematic review of agent-based models for autonomous vehicles in urban mobility and logistics: Possibilities for integrated simulation models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 89, 101686. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2021.101686>
21. de Bok, M., Tavasszy, L. (2018). An empirical agent-based simulation system for urban goods transport (MASS-GT). *Procedia Computer Science*, 130, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.021>
22. de Bok, M., Tavasszy, L., Sebastiaan Thoen. (2022). Application of an empirical multi-agent model for urban goods transport to analyze impacts of zero emission zones in The Netherlands. *Transport Policy*, 124, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.07.010>
23. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Belle-mare, M. G. et al. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518 (7540), 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature14236>
24. Knief, U., Forstmeier, W. (2021). Violating the normality assumption may be the lesser of two evils. *Behavior Research Methods*, 53 (6), 2576–2590. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01587-5>
25. Sanz-Leon, P., Knock, S. A., Spiegler, A., Jirsa, V. K. (2015). Mathematical framework for large-scale brain network modeling in The Virtual Brain. *NeuroImage*, 111, 385–430. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.01.002>
26. Hong, S. B., Jung, K.-Y. (2003). Basic Electrophysiology of the Electroencephalography. *Journal of the Korean Neurological Association*, 21 (3), 225–238. Available at: <https://www.jkna.org/upload/pdf/200303001.pdf>
27. Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P. (2011). Comparing combinations of EEG activity in train drivers during monotonous driving. *Expert Systems with Applications*, 38 (1), 996–1003. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.109>
28. Shepherd, J. (2021). Flow and the dynamics of conscious thought. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 21 (4), 969–988. <https://doi.org/10.1007/s11097-021-09762-x>
29. Street, S. (2016). Neurobiology as Information Physics. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00090>
30. Schelski, M., Bradke, F. (2017). Neuronal polarization: From spatio-temporal signaling to cytoskeletal dynamics. *Molecular and Cellular Neuroscience*, 84, 11–28. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2017.03.008>
31. Vergara, R. C., Jaramillo-Riveri, S., Luarte, A., Moënné-Loccoz, C., Fuentes, R., Couve, A., Maldonado, P. E. (2019). The Energy Homeostasis Principle: Neuronal Energy Regulation Drives Local Network Dynamics Generating Behavior. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fncom.2019.00049>
32. Shi, Z., Genack, A. Z. (2018). Diffusion in translucent media. *Nature Communications*, 9 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04242-4>
33. Fan, C., Peng, Y., Peng, S., Zhang, H., Wu, Y., Kwong, S. (2022). Detection of Train Driver Fatigue and Distraction Based on Forehead EEG: A Time-Series Ensemble Learning Method. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23 (8), 13559–13569. <https://doi.org/10.1109/tits.2021.3125737>
34. Melnicuk, V., Thompson, S., Jennings, P., Birrell, S. (2021). Effect of cognitive load on drivers' State and task performance during automated driving: Introducing a novel method for determining stabilisation time following take-over of control. *Accident Analysis & Prevention*, 151, 105967. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105967>
35. Lieberman, H. R. (2007). Cognitive methods for assessing mental energy. *Nutritional Neuroscience*, 10 (5-6), 229–242. <https://doi.org/10.1080/10284150701722273>
36. Burrough, P. A. (1992). Are GIS data structures too simple minded? *Computers & Geosciences*, 18 (4), 395–400. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(92\)90068-3](https://doi.org/10.1016/0098-3004(92)90068-3)
37. Hasan, R. A., Alhayali, R. A. I., Zaki, N. D., Ali, A. H. (2019). An adaptive clustering and classification algorithm for Twitter data streaming in Apache Spark. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17 (6), 3086. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v17i6.11711>
38. Rezqianita, B. L., Ardi, R. (2020). Drivers and Barriers of Industry 4.0 Adoption in Indonesian Manufacturing Industry. *Proceedings of the 3rd Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering 2020*. <https://doi.org/10.1145/3400934.3400958>
39. Khonsary, S. (2017). Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology. *Surgical Neurology International*, 8 (1), 275. https://doi.org/10.4103/sni.sni_327_17
40. Witt, M., Kompaß, K., Wang, L., Kates, R., Mai, M., Prokop, G. (2019). Driver profiling – Data-based identification of driver behavior dimensions and affecting driver characteristics for multi-agent traffic simulation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 361–376. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.05.007>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298274
IDENTIFICATION OF AN ALGORITHM FOR
THE ANALYSIS AND STUDY OF URBAN ROAD
NETWORK TRAJECTORIES (p. 14–27)

Zhanerke Temirbekova

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3909-0210>

Lyazat Naizabayeva

International IT University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>

Gulzat Turken

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4981-514X>

Zukhra Abdiakhmetova

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6619-9417>

Maxatbek Satymbekov

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4621-6646>

The object of this study is a clustering algorithm using various technologies.

This paper compares clustering algorithms that are more commonly used to analyze urban road network trajectories, the growth curve model, with the elbow method and the x -means algorithm. Experiments were conducted with various volumes of big data to determine calculation time, accuracy, and ways to increase calculation time. These results can be used to manage traffic jams in congested areas and city streets. Considering the widespread use of clustering algorithms for solving various problems, this study proposes to introduce GCM, SPGK methods for monitoring and analyzing the state of congestion on city roads. The work was carried out in the following steps: research and selection of methods based on efficiency and time, implementation of parallel computing technologies to improve computation speed, demonstration of the selected method based on collected data from a real city with visualization of the results.

The growth curve model algorithm has been proven to be almost 5 times more effective than the elbow method and the x-means algorithm. The time allocated for data processing has been calculated. An increase in the volume of processed data showed an almost stable execution time $t=3$ s for the GCM algorithm for data with a volume of up to almost 2,000 units. The effectiveness of SPGK-means was shown for different values of the number of points. Models of the Chengdu transport network obtained using a clustering algorithm with maximum grid density of neighborhoods are presented. There are some deviations between the grid and the road network due to the large grid size. This error is explained by an error of up to one between the points and the real grid.

The results obtained clearly show how optimization of congested roads can be influenced. They provide information to obtain data on available routes, which allows you to analyze the road network individually and as a whole.

Keywords: congestion point, grid K-means clustering algorithm, trajectory clustering, parallel computing.

References

- Lu, M., Liang, J., Wang, Z., Yuan, X. (2016). Exploring OD patterns of interested region based on taxi trajectories. *Journal of Visualization*, 19 (4), 811–821. <https://doi.org/10.1007/s12650-016-0357-7>
- Li, T., Wu, J., Dang, A., Liao, L., Xu, M. (2019). Emission pattern mining based on taxi trajectory data in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 206, 688–700. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.051>
- Tang, J., Liu, F., Wang, Y., Wang, H. (2015). Uncovering urban human mobility from large scale taxi GPS data. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 438, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.06.032>
- Liu, X., Luan, X., Liu, F. (2018). Optimizing manipulated trajectory based on principal time-segmented variables for batch processes. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 181, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2018.08.010>
- Izakian, H., Pedrycz, W., Jamal, I. (2015). Fuzzy clustering of time series data using dynamic time warping distance. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 39, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.12.015>
- D'Urso, P., De Giovanni, L., Massari, R. (2018). Robust fuzzy clustering of multivariate time trajectories. *International Journal of Approximate Reasoning*, 99, 12–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2018.05.002>
- Lee, J.-G., Han, J., Whang, K.-Y. (2007). Trajectory clustering. *Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. <https://doi.org/10.1145/1247480.1247546>
- Wang, L., Hu, K., Ku, T., Yan, X. (2013). Mining frequent trajectory pattern based on vague space partition. *Knowledge-Based Systems*, 50, 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.06.002>
- Rempe, F., Huber, G., Bogenberger, K. (2016). Spatio-Temporal Congestion Patterns in Urban Traffic Networks. *Transportation Research Procedia*, 15, 513–524. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.043>
- Kan, Z., Tang, L., Kwan, M.-P., Ren, C., Liu, D., Li, Q. (2019). Traffic congestion analysis at the turn level using Taxis' GPS trajectory data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 74, 229–243. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.11.007>
- Pattara-atikom, W., Pongpaibool, P., Thajchayapong, S. (2006). Estimating Road Traffic Congestion using Vehicle Velocity. *2006 6th International Conference on ITS Telecommunications*. <https://doi.org/10.1109/itst.2006.288722>
- Shi, W., Kong, Q.-J., Liu, Y. (2008). A GPS/GIS Integrated System for Urban Traffic Flow Analysis. *2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/itsc.2008.4732569>
- Kong, Q. J., Li, Z., Chen, Y., Liu, Y. (2009). An Approach to Urban Traffic State Estimation by Fusing Multisource Information. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 10 (3), 499–511. <https://doi.org/10.1109/its.2009.2026308>
- Yang, Y., Xu, Y., Han, J., Wang, E., Chen, W., Yue, L. (2017). Efficient traffic congestion estimation using multiple spatio-temporal properties. *Neurocomputing*, 267, 344–353. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.06.017>
- Lu, S., Knoop, V. L., Keyvan-Ekbatani, M. (2018). Using taxi GPS data for macroscopic traffic monitoring in large scale urban networks: calibration and MFD derivation. *Transportation Research Procedia*, 34, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.11.038>
- Hartigan, J. A., Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Applied Statistics*, 28 (1), 100. <https://doi.org/10.2307/2346830>
- Arthur, D., Vassilvitskii, S. (2007). K-means++: the advantages of careful seeding. *SODA '07: Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, 1027–1035.
- Cordeiro de Amorim, R., Mirkin, B. (2012). Minkowski metric, feature weighting and anomalous cluster initializing in K-Means clustering. *Pattern Recognition*, 45 (3), 1061–1075. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.08.012>
- Ng, R. T., Han, J. (2002). CLARANS: a method for clustering objects for spatial data mining. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(5), 1003–1016. <https://doi.org/10.1109/tkde.2002.1033770>
- Shahbaba, M., Beheshti, S. (2012). Improving X-means clustering with MNDL. *2012 11th International Conference on Information Science, Signal Processing and Their Applications (ISSPA)*. <https://doi.org/10.1109/isspa.2012.6310493>
- Abdiakhmetova, Z. M. (2017). Wavelet data processing in the problems of allocation in recovery well logging. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 95 (5). Available at: <https://www.kaznu.kz/content/files/news/folder23320/2017%20%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%207Vol95No5.pdf>
- Turken, G., Pey, V., Abdiakhmetova, Z., Temirbekova, Z. (2023). Research on Creating a Data Warehouse Based on E-Commerce. *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. <https://doi.org/10.1109/sist58284.2023.10223542>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302876

APPLICATION OF FUZZY CELLULAR AUTOMATA TO OPTIMIZE A VESSEL ROUTE CONSIDERING THE FORECASTED HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS (p. 28–37)

Sergiy Dudchenko

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine
Kherson Maritime Specialized Training Centre at Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1613-7226>

Oleksandr Tymochko

Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4154-7876>

Dmytro Makarchuk

Solent University, Southampton, United Kingdom
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4299-6614>

Andrii Golovan

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6589-4381>

The object of research is the processes of planning the minimum operating costs of a vessel with minimal risk to it and its cargo, considering the forecasted hydrometeorological conditions. The aim is to increase the fuel efficiency of a vessel's passage, considering the forecast of weather conditions when forming an optimal safe route in the e-Navigation system. To achieve the research goal, conventional cellular automata and the mathematical apparatus of fuzzy sets and fuzzy logic were used in the process of decision-making and assessment of the impact of weather conditions on traffic efficiency. The devised approach makes it possible to synthesize an optimal route for the vessel, which ensures minimum fuel consumption and has minimal risk for the vessel and cargo while considering variable hydrometeorological conditions along the route. Minimization of operating costs is achieved through the ability of cellular automata to describe the complex behavior of objects, considering local rules. Automata are a computing system in discrete spaces. Data uncertainty has led to the need to use a fuzzy system, the effectiveness of which depends on the quality and accuracy of rules. Fuzzy automata, by combining fuzzy logic and automata theory, made it possible to process continuous steps and model the inherent uncertainty. To determine the state of cells of a fuzzy cellular automaton and the transition function between them, a system of productive rules and membership functions was used. It is the consistency of the system of productive rules when using fuzzy logic to build a cellular automaton that enables the construction of a quasi-global optimal routing method in comparison with conventional methods for calculating the ship's route.

Keywords: e-Voyage, navigation situation, route, cellular automaton, fuzzy logic, weather conditions.

References

- Review of Maritime Transport 2023. Towards a Green and Just Transition (2023). Geneva: United Nations Publications, 157. <https://doi.org/10.18356/9789213584569>
- Zis, T. P. V., Psarafitis, H. N., Ding, L. (2020). Ship weather routing: A taxonomy and survey. *Ocean Engineering*, 213, 107697. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107697>
- Szlapeczynski, R., Szlapeczynska, J., Vettor, R. (2023). Ship weather routing featuring w-MOEA/D and uncertainty handling. *Applied Soft Computing*, 138, 110142. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110142>
- Li, Y., Cui, J., Zhang, X., Yang, X. (2023). A Ship Route Planning Method under the Sailing Time Constraint. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11 (6), 1242. <https://doi.org/10.3390/jmse11061242>
- Charalambopoulos, N., Xidias, E., Nearchou, A. (2023). Efficient ship weather routing using probabilistic roadmaps. *Ocean Engineering*, 273, 114031. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114031>
- Grifoll, M., Borén, C., Castells-Sanabra, M. (2022). A comprehensive ship weather routing system using CMEMS products and A* algorithm. *Ocean Engineering*, 255, 111427. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111427>
- Yang, J., Wu, L., Zheng, J. (2022). Multi-Objective Weather Routing Algorithm for Ships: The Perspective of Shipping Company's Navigation Strategy. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (9), 1212. <https://doi.org/10.3390/jmse10091212>
- Spyrou-Sioula, K., Kontopoulos, I., Kaklis, D., Makris, A., Tserpes, K., Eirinakis, P., Oikonomou, F. (2022). AIS-Enabled Weather Routing for Cargo Loss Prevention. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (11), 1755. <https://doi.org/10.3390/jmse10111755>
- Lin, Y.-H., Fang, M.-C., Yeung, R. W. (2013). The optimization of ship weather-routing algorithm based on the composite influence of multi-dynamic elements. *Applied Ocean Research*, 43, 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2013.07.010>
- Sun, W., Tang, S., Liu, X., Zhou, S., Wei, J. (2022). An Improved Ship Weather Routing Framework for CII Reduction Accounting for Wind-Assisted Rotors. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (12), 1979. <https://doi.org/10.3390/jmse10121979>
- Borén, C., Castells-Sanabra, M., Grifoll, M. (2022). Ship emissions reduction using weather ship routing optimisation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236 (4), 856–867. <https://doi.org/10.1177/14750902221082901>
- Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., Ronen, D. (2007). Chapter 4 Maritime Transportation. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 189–284. [https://doi.org/10.1016/s0927-0507\(06\)14004-9](https://doi.org/10.1016/s0927-0507(06)14004-9)
- Szlapeczynska, J., Smierzchalski, R. (2009). Multicriteria optimisation in weather routing. *Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 393–400. <https://doi.org/10.1201/9780203869345.ch74>
- Fabbri, A., Lai, A., Grundy, Q., Bero, L. A. (2018). The Influence of Industry Sponsorship on the Research Agenda: A Scoping Review. *American Journal of Public Health*, 108 (11), e9–e16. <https://doi.org/10.2105/ajph.2018.304677>
- Ghosh, S., Rubly, C. (2015). The emergence of Arctic shipping: issues, threats, costs, and risk-mitigating strategies of the Polar Code. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 7 (3), 171–182. <https://doi.org/10.1080/18366503.2015.1093695>
- Jia, H., Adland, R., Prakash, V., Smith, T. (2017). Energy efficiency with the application of Virtual Arrival policy. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.037>
- Topalov, V. P., Torskii, V. G. (2002). *Konventciia SOLAS-74. Osnovnye polozheniia i komentarii*. Odesa: Astroprint, 288.
- Avgouleas, K., Sclavounos, P. (2019). Fuel-Efficient Ship Routing. *Nausivios Chora*, 5, 39–72.
- Nishida, Y., Watanabe, S., Fukuda, A., Watanabe, Y. (2020). Q-VFCA: q-state vector-valued fuzzy cellular Automata. *Journal of Cellular Automata*, 15 (3), 207–222.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302886

DEVELOPMENT OF A NEW ERGONOMIC RISKS MANAGEMENT ALGORITHM ON THE EXAMPLE OF DRIVERS (p. 38–49)

Vitaliy Tsopa

International Institute of Management, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4811-3712>

Serhii Cheberichko

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3281-7157>

Yurii Cheberichko

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7307-1553>

Oleg Deryugin

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2456-7664>

Olga Chenchva

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,

Kremenchuk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8826-3248>

Dmytro Riezniak

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,

Kremenchuk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1258-6136>

Eduard Klimov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,

Kremenchuk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2662-2401>

Yevhenii Lashko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University,
Kremenchuk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9691-4648>

Dmytro Pashko

Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in the
Poltava Region, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5352-8369>

Viktoriia Biliaieva

Ukrainian State University of Science
and Technologies, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9987-6384>

The object of the study: the process of determining and managing ergonomic risks at workplaces when performing professional activities on the example of truck drivers.

The problem lies in uncertainty when making decisions in occupational safety and health management systems. The hypothesis of the study was the possibility of assessing ergonomic risks in the occupational safety management systems of organizations based on the identification of regularities between the load index, typical working postures when performing operations and the intensity of joint movements.

An ergonomic risk assessment algorithm was developed, taking into account the load index, which includes a sequence of eleven steps, which can be conditionally divided into three groups. The first is determination of the intensity of joint movement. The second is the determination of the impact of activity and the duration of the production task. The third is determining the impact of environmental factors. An assessment of the ergonomic risk of drivers was carried out for three types of production work: driving a vehicle, replacing a damaged wheel, and repairing a car. At the same time, the ergonomic risk assessment algorithm takes into account the worker's individual state of health and environmental factors, as well as experience and work experience. It has been established that there is a high level of ergonomic risk during car maintenance due to the highest total load index, which is 30 % higher compared to other types of work of vehicle drivers.

The practical application consists in the development of a universal check list of drivers based on an algorithm to determine the ergonomic risk of workers at workplaces, which consists of 11 steps.

Keywords: check sheet, diseases of the musculoskeletal system, ergonomic risk, load index, working posture.

References

- Ong-Artborirak, P., Kantow, S., Seangpraw, K., Tonchay, P., Auttama, N., Choowanthanapakorn, M., Boonyathee, S. (2022). Ergonomic Risk Factors for Musculoskeletal Disorders among Ethnic Lychee-Longan Harvesting Workers in Northern Thailand. *Healthcare*, 10 (12), 2446. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122446>
- Tsopa, V. A., Cheberiachko, S. I., Yavorska, O. O., Deryugin, O. V., Aleksieiev, A. A. (2022). Improvement of the safe work system. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 104–111. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/104>
- Kim, D. K., Park, S. (2021). An analysis of the effects of occupational accidents on corporate management performance. *Safety Science*, 138, 105228. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105228>
- Yokoyama, K., Iijima, S., Ito, H., Kan, M. (2013). The socio-economic impact of occupational diseases and injuries. *Industrial Health*, 51 (5), 459–461. <https://doi.org/10.2486/indhealth.500>
- Monteiro, A. P., Vale, J., Silva, A. (2021). Factors Determining the Success of Decision Making and Performance of Portuguese Companies. *Administrative Sciences*, 11 (4), 108. <https://doi.org/10.3390/admsci11040108>
- Bazaluk, O., Tsopa, V., Okrasa, M., Pavlychenko, A., Cheberiachko, S., Yavorska, O. et al. (2024). Improvement of the occupational risk management process in the work safety system of the enterprise. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1330430>
- Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., Lozynskiy, V. (2023). Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>
- Ispășoiu, A., Milosan, I., Gabor, C., Oancea, G. (2023). A New Methodology for Validation of the Ergonomics Risk Assessment in Industry. *Processes*, 11 (12), 3261. <https://doi.org/10.3390/pr11123261>
- Kee, D., Na, S., Chung, M. K. (2020). Comparison of the Ovako Working Posture Analysis System, Rapid Upper Limb Assessment, and Rapid Entire Body Assessment based on the maximum holding times. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 77, 102943. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102943>
- Gómez-Galán, M., Callejón-Ferre, Á.-J., Pérez-Alonso, J., Díaz-Pérez, M., Carrillo-Castrillo, J.-A. (2020). Musculoskeletal Risks: RULA Bibliometric Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (12), 4354. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124354>
- Thani, S. K. S. O., Cheok, N. S., Hussein, H. (2022). A Preliminary Assessment of Neuro-Salutogenic Landscape Stimuli in Neighbourhood Parks: Theory-Based Model for Stress Mitigation. *IFMBE Proceedings*, 461–469. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90724-2_50
- Zhao, Y., Rokhani, F. Z., Sazlina, S.-G., Devaraj, N. K., Su, J., Chew, B.-H. (2022). Defining the concepts of a smart nursing home and its potential technology utilities that integrate medical services and are acceptable to stakeholders: a scoping review. *BMC Geriatrics*, 22 (1). <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03424-6>
- Wu, Y., Wu, W., Lin, Y., Xiong, J., Zheng, X. (2022). Blood pressure states transitions among bus drivers: the application of multi-state Markov model. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 95 (10), 1995–2003. <https://doi.org/10.1007/s00420-022-01903-2>
- Nygaard, N.-P. B., Thomsen, G. F., Rasmussen, J., Skadhauge, L. R., Gram, B. (2022). Ergonomic and individual risk factors for musculoskeletal pain in the ageing workforce. *BMC Public Health*, 22 (1). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14386-0>
- Remy, V. F. M., Guseva Canu, I. (2023). Healthy Bus Drivers, Sustainable Public Transport: A Three-Time Repeated Cross-Sectional Study in Switzerland. *International Journal of Public Health*, 68. <https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605925>
- Rypicz, Ł., Rozensztrauch, A., Fedorowicz, O., Włodarczyk, A., Zatońska, K., Juárez-Vela, R., Witczak, I. (2023). Polish Adaptation of the Alarm Fatigue Assessment Questionnaire as an Element of Improving Patient Safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (3), 1734. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031734>
- Yang, Z., Zhou, W., Xu, G., Li, X., Yang, M., Xiao, Q. et al. (2023). The analysis and optimization of thermal sensation of train drivers under occupational thermal exposure. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1164817>
- Zhang, M., Zhang, L., Cao, X., Li, B., Zhou, A. (2023). FRAM-based causal analysis and barrier measures to mitigate dust explosions: A case study. *PLOS ONE*, 18 (6), e0287328. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287328>
- Vijayakumar, R., Choi, J. (2022). Emerging Trends of Ergonomic Risk Assessment in Construction Safety Management: A Scientometric Visualization Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (23), 16120. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316120>

20. Chatzis, T., Konstantinidis, D., Dimitropoulos, K. (2022). Automatic Ergonomic Risk Assessment Using a Variational Deep Network Architecture. *Sensors*, 22 (16), 6051. <https://doi.org/10.3390/s22166051>
21. Palikhe, S., Lee, J. Y., Kim, B., Yirong, M., Lee, D.-E. (2022). Ergonomic Risk Assessment of Aluminum Form Workers' Musculoskeletal Disorder at Construction Workstations Using Simulation. *Sustainability*, 14 (7), 4356. <https://doi.org/10.3390/su14074356>
22. Freitas, A. A., Lima, T. M., Gaspar, P. D. (2022). Ergonomic Risk Minimization in the Portuguese Wine Industry: A Task Scheduling Optimization Method Based on the Ant Colony Optimization Algorithm. *Processes*, 10 (7), 1364. <https://doi.org/10.3390/pr10071364>
23. Verbeek, J., Mischke, C., Robinson, R., Ijaz, S., Kuijer, P., Kievit, A., Ojajärvi, A., Neuvonen, K. (2017). Occupational Exposure to Knee Loading and the Risk of Osteoarthritis of the Knee: A Systematic Review and a Dose-Response Meta-Analysis. *Safety and Health at Work*, 8 (2), 130–142. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.02.001>
24. van der Molen, H. F., Foresti, C., Daams, J. G., Frings-Dresen, M. H. W., Kuijer, P. P. F. M. (2017). Work-related risk factors for specific shoulder disorders: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 74 (10), 745–755. <https://doi.org/10.1136/oemed-2017-104339>
25. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy. No. 248 vid 08.04.2014 r. «Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihienichna klasyfikatsiya pratsi za pokaznykamy shkidlyvosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnychoho seredovyshcha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovoho protsesu». Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>
26. van Rijn, R. M., Huisstede, B. M. A., Koes, B. W., Burdorf, A. (2008). Associations between work-related factors and specific disorders at the elbow: a systematic literature review. *Rheumatology*, 48 (5), 528–536. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kep013>
27. Andersen, L. L., Fallentin, N., Thorsen, S. V., Holtermann, A. (2016). Physical workload and risk of long-term sickness absence in the general working population and among blue-collar workers: prospective cohort study with register follow-up. *Occupational and Environmental Medicine*, 73 (4), 246–253. <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103314>
28. Hulshof, C. T. J., Pega, F., Neupane, S., van der Molen, H. F., Colosio, C., Daams, J. G. et al. (2021). The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment International*, 146, 106157. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106157>
29. Deryugin, O. V., Chebryachko, S. I., Tretyak, O. O., Chebryachko, I. M. (2018). Determination of bus drivers' biological age. *Pedagogy, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*, 22 (2), 77. <https://doi.org/10.15561/18189172.2018.0203>
30. Tasdelen, A., Özpınar, A. M. (2023). A Dynamic Risk Analysis Model Based on Workplace Ergonomics and Demographic-Cognitive Characteristics of Workers. *Sustainability*, 15 (5), 4553. <https://doi.org/10.3390/su15054553>
31. Rahman, M. H., Ghasemi, A., Dai, F., Ryu, J. (2023). Review of Emerging Technologies for Reducing Ergonomic Hazards in Construction Workplaces. *Buildings*, 13 (12), 2967. <https://doi.org/10.3390/buildings13122967>
32. Deryugin, O., Chebryachko, S. (2015). Substation of truck selection in terms of minimizing psychophysiological stress on a driver. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (75)), 15–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42127>
33. Theeraviriya, C., Pitakaso, R., Sillapasa, K., Kaewman, S. (2019). Location Decision Making and Transportation Route Planning Considering Fuel Consumption. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5 (2), 27. <https://doi.org/10.3390/joitmc5020027>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300168

DEVISING A METHOD FOR IMPROVING PEDESTRIAN TRAFFIC SAFETY WHEN CROSSING RAILROAD TRACKS BY IMPLEMENTING AN INFORMATION SYSTEM WITH A FIXED WARNING TIME (p. 50–59)

Vitalii Kovalchuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4350-1756>

Yulia Lesiv

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-100X>

The object of research is pedestrian safety when crossing railroad tracks at pedestrian crossings. A method for improving the safety of pedestrian traffic when crossing railroad tracks within the area approaching the railroad pedestrian crossing has been developed, by introducing an information system for warning pedestrians about train movement with a fixed warning time.

Experimental measurements of the speed of the rolling stock were carried out in the area approaching the pedestrian crossing over the railroad track. With the mixed movement of trains, it was found that the lowest speed of the train was 67.46 km/h, and the highest was the passenger train – 131.9 km/h. At the same time, the speed of freight trains ranged from 74 to 79 km/h. Such data are needed to determine the speed of the rolling stock on the approach to the crossing or transition, which will allow the light and sound signal to be turned on in time when the movement of a pedestrian across the track will be dangerous.

The methodology for calculating the length of the approach section to the pedestrian crossing, depending on the speed of the rolling stock, has been given. It was established that the speed of the rolling stock has a significant effect on the length of the approach section. At the lowest measured speed of the train – 67.46 km/h, the length of the approach section was 317.46 m, and when the passenger train was moving at a speed of 131.9 km/h – 620.68 m.

For a single-track section of the railroad, a fixed time has been established for warning pedestrians about the approach of a train to the crossing. It is a constant value that is included in the warning information system on a single-track section, and after it, a complex light and sound alarm with an information board is activated, which will warn the pedestrian about the movement of the train. The method for improving the safety of pedestrian traffic with a fixed time of the pedestrian's anticipation of the train movement could be used at crossings with pedestrian traffic, as a supplement to the crossing signaling subsystem in railroad transport. It can also be used at equipped pedestrian crossings over railroad tracks in urbanized areas. The advantage of introducing such a method is a fixed time to warn the pedestrian, in each specific case of the train approaching the crossing.

Keywords: traffic safety, pedestrian crossings, information system, railroad track, rolling stock, fixed warning time.

References

1. Informatsiia pro rezonansni DTP, avariyi, katastrofy u 2023 rotsi. Derzhavna sluzhba Ukrainy iz bezpeky na transporti. Available at: <https://old.dsbt.gov.ua/uk/storinka/informaciya-pro-rezonansni-dtp-avariyi-katastrofy-u-2023-roci>
2. Vivek, A. K., Mohapatra, S. S. (2023). An observational study on pedestrian and bicyclist violations at railroad grade crossings: Exploring the impact of geometrical and operational attributes. *Journal of Safety Research*, 87, 395–406. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.08.011>

3. Zhang, M., Khattak, A. J., Liu, J., Clarke, D. (2018). A comparative study of rail-pedestrian trespassing crash injury severity between highway-rail grade crossings and non-crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 117, 427–438. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.001>
4. Freeman, J., Rakotonirainy, A., Stefanova, T., McMaster, M. (2013). Understanding pedestrian behaviour at railway level crossings: Is there a need for more research? *Road & Transport Research*, 22 (3), 29–39. Available at: <https://eprints.qut.edu.au/220081/1/63688.pdf>
5. Freeman, J., Rakotonirainy, A. (2015). Mistakes or deliberate violations? A study into the origins of rule breaking at pedestrian train crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 77, 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.015>
6. Larue, G. S., Watling, C. N. (2022). Prevalence and dynamics of distracted pedestrian behaviour at railway level crossings: Emerging issues. *Accident Analysis & Prevention*, 165, 106508. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106508>
7. Read, G. J. M., Salmon, P. M., Lenné, M. G., Stanton, N. A. (2016). Walking the line: Understanding pedestrian behaviour and risk at rail level crossings with cognitive work analysis. *Applied Ergonomics*, 53, 209–227. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.10.004>
8. Lobb, B. (2006). Trespassing on the tracks: A review of railway pedestrian safety research. *Journal of Safety Research*, 37 (4), 359–365. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.04.005>
9. Lobb, B., Harré, N., Terry, N. (2003). An evaluation of four types of railway pedestrian crossing safety intervention. *Accident Analysis & Prevention*, 35 (4), 487–494. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(02\)00026-x](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(02)00026-x)
10. Larue, G. S., Watling, C. N., Black, A., Wood, J. M. (2021). Improving the safety of distracted pedestrians with in-ground flashing lights. A railway crossing field study. *Journal of Safety Research*, 77, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.02.014>
11. Zhang, J., Liu, F., Chen, Z., Yu, Z., Xiao, X., Shi, L., Guo, Z. (2023). A multi-level analysis on the causes of train-pedestrian collisions in Southwest China 2011–2020. *Accident Analysis & Prevention*, 193, 107332. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107332>
12. Keramati, A., Lu, P., Ren, Y., Tolliver, D., Ai, C. (2021). Investigating the effectiveness of safety countermeasures at highway-rail at-grade crossings using a competing risk model. *Journal of Safety Research*, 78, 251–261. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.04.008>
13. Aupetit, S., Escaich, S., Gillet, C., Herber, P., Grison, E., Morgagni, S. (2023). Virtual reality study of the effects of railway crossing safety technologies on pedestrian behaviour. *Transportation Research Procedia*, 72, 1264–1271. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.586>
14. Ahmed, J., Robinson, A., Miller, E. E. (2024). Effectiveness of signs for pedestrian-railroad crossings: Colors, shapes, and messaging strategies. *Journal of Safety Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.01.003>
15. Santander-Mercado, A., Amaya-Mier, R., Castaño-Campo, L., Jubiz-Diaz, M. (2024). An optimisation model to locate level crossings in railway lines at mines to minimise the total weighted-walked distance. *IATSS Research*, 48 (1), 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.01.003>
16. Vozniak, O. M., Havryliuk, V. I. (2019). Zabezpechennia bezpeky rukhu na zaliznychnykh pereizdakh. *Dnipro*, 282. Available at: https://www.researchgate.net/publication/311321045_Zabezpechennia_bezpeki_ruhu_na_zaliznicnih_pereizdah
17. Lupták, V., Čarný, Š. (2024). Rationalization of Selected Crossing Security Devices on Czech Railways Line 201 Tábor – Ražice. *Transportation Research Procedia*, 77, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.01.023>
18. Starčević, M., Barić, D., Broz, I. (2021). Increasing level crossing safety in urban areas – Case study City of Zagreb. *Road and Rail Infrastructure VI*. <https://doi.org/10.5592/co/cetra.2020.1030>
19. Sysyn, M., Nabochenko, O., Kluge, F. et al. (2019). Common crossing structural health analysis with track-side monitoring. *Communications*, 21 (3), 77–84. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/11832/1/Sysyn.pdf>
20. Sysyn, M., Gerber, U., Nabochenko, O., Kovalchuk, V. (2019). Common crossing fault prediction with track based inertial measurements: statistical vs. mechanical approach. *Pollack Periodica*, 14 (2), 15–26. <https://doi.org/10.1556/606.2019.14.2.2>
21. Jamshidi, A., Hajizadeh, S., Su, Z., Naeimi, M., Núñez, A., Dollevoet, R. et al. (2018). A decision support approach for condition-based maintenance of rails based on big data analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 185–206. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.007>
22. Sysyn, M., Nabochenko, O., Gerber, U., Kovalchuk, V., Petrenko, O. (2019). Common crossing condition monitoring with on board inertial measurements. *Acta Polytechnica*, 59 (4), 423–434. <https://doi.org/10.14311/ap.2019.59.0423>
23. Sysyn, M., Gruen, D., Gerber, U., Nabochenko, O., Kovalchuk, V. (2019). Turnout Monitoring with Vehicle Based Inertial Measurements of Operational Trains: A Machine Learning Approach. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 21 (1), 42–48. <https://doi.org/10.26552/com.c.2019.1.42-48>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302950

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE MOVEMENT PARAMETERS OF INDIVIDUALS WITH VISUAL IMPAIRMENTS DURING EVACUATION FROM HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH INCLUSIVE EDUCATION USING A SIMPLIFIED ANALYTICAL MODEL (p. 60–69)

Oleksandr Khlevnoi

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2846-3480>

Oleksandr Dotsenko

Institute of Public Administration
and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7437-8733>

Vasyl Kovalyshyn

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5463-0230>

Volodymyr-Petro Parkhomenko

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7431-4801>

Valentyn Dyven

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5342-8858>

Anna Borysova

Institute of Public Administration
and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8700-0761>

Sergiy Vovk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5278-3754>

The object of the study is the movement parameters of mixed evacuation flows, which include participants with visual impairments. Such parameters are the speed of movement, density and the percentage of participants with visual impairments in the flow.

Solving the problems of calculating the duration of evacuation of the population from educational institutions with inclusive education is very relevant, since this process has a significant feature that is not typical for evacuation from most residential and public buildings. In such educational institutions, all students move in groups under the control of scientific and pedagogical workers. This feature is not taken into account in the regulatory documents that fix the methods of calculating the duration of evacuation. The numerical parameters obtained by authors allow to solve this problem.

According to the results of the experiment, 241 measurements of the speed and density of the flow were made on horizontal sections, 204 – during the descent of the stairs and 206 – during the ascent. The dependences between these parameters were established by conducting regression analysis. As part of the experiment, flows were monitored with a variable value of the percentage of people with visual impairments in the flow. Thanks to this, the impact of the increase the number of people with visual impairments in the flow on the speed of movement on various sections of the evacuation routes was established.

The analysis of the obtained results shows that the appearance of the first participant with visual impairments in the flow leads to a decrease in the speed of movement. In the future, the relationship between a decrease in speed and an increase in the percentage of traffic participants with visual impairments is linear.

The obtained dependencies can be used as input parameters for calculations of the duration of evacuation in educational institutions with inclusive education according to a simplified analytical model and allow obtaining smaller deviations from the results obtained in real conditions (3.4–25 %) compared to the current individual model (35, 5–52.3 %).

Keywords: fire safety, evacuation of people, visual impairment, evacuation time, inclusiveness.

References

- Bourne, R. R. A., Flaxman, S. R., Braithwaite, T., Cicinelli, M. V., Das, A., Jonas, J. B. et al. (2017). Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5 (9), e888–e897. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(17)30293-0)
- Nikolaiev, Ye., Riy, H., Shemelynets, I. (2023). *Vyshcha osvita v Ukraini: zminy cherez viinu: analitychnyi zvit*. Kyiv. Available at: <https://osvitanalytika.kubg.edu.ua/wp-content/uploads/2023/03/HigherEd-in-Times-of-War.pdf>
- DBN V.2.2-3:2018. *Budynky i sporudy. Zaklady osvity* (2018). Kyiv: KYIVZNDIEP.
- Pro zatverdzhennia Poriadku orhanizatsiyi inkluzyvnoho navchannia u zakladakh vyshchoi osvity: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 10 lypnia 2019 roku No. 635. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/635-2019-%D0%BF#Text>
- DSTU 8828:2019. *Pozhezhna bezpeka. Zahalni polozhennia*. Kyiv. Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf
- Georg, P., Schumann, J., Boltes, M., Kinateder, M. (2022). How people with disabilities influence crowd dynamics of pedestrian movement through bottlenecks. *Scientific Reports*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18142-7>
- You, Y., Ye, R., Fang, Z., Ren, X., Xie, S., Huang, P. et al. (2023). Evacuation dynamics of heterogeneous crowds involving individuals with different types of disabilities. *Safety Science*, 168, 106297. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106297>
- Fu, L., Qin, H., Shi, Q., Zhang, Y., Shi, Y. (2022). An experimental study on evacuation dynamics including individuals with simulated disabilities. *Safety Science*, 155, 105878. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105878>
- Fu, L., Qin, H., He, Y., Shi, Y. (2024). Application of the social force modelling method to evacuation dynamics involving pedestrians with disabilities. *Applied Mathematics and Computation*, 460, 128297. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.128297>
- Yue, H., Wang, S., Jia, X., Li, J., Shao, C. (2016). Simulation of pedestrian evacuation with blind herd mentality under adverse sight conditions. *Simulation*, 92 (6), 491–506. <https://doi.org/10.1177/0037549716642513>
- Maiboroda, R., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Melezhyk, R. (2023). Assessment of the fire resistance of buildings from fireproof reinforced concrete building structures. *Series: Engineering Science and Architecture*, 4 (178), 219–231. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231>
- Khlevnoy, O. V., Kharyshyn, D., Nazarovets, O. (2020). Problem issues of evacuation time calculation during fires in preschool and secondary education institutions with inclusive groups. *Fire Safety*, 37, 72–76. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.11>
- Kovalyshyn, V. V., Khlevnoy, O. V., Haryshyn, D. V. (2020). Primary school-aged children evacuation from secondary education institutions with inclusive classes. *Sciences of Europe*, 60, 53–56. <https://doi.org/10.24412/3162-2364-2020-60-1-53-56>
- Kovalyshyn, V., Hlevnoy, A. (2020). Determination of horizontal projection areas of school-age children. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 2 (10), 54–60. Available at: <https://nvcz.undicz.org.ua/index.php/nvcz/article/view/96/>
- Kovalyshyn, V., Dotsenko, O., Khlevnoy, O., Dyven, V. (2022). Research of the evacuation of people of different mobility groups from a shopping and entertainment center. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 2 (14), 99–107. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2\(14\).99-107](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).99-107)
- Dotsenko, O. (2023). Method of experimental research of evacuation of mixed flows of people of different mobility groups. *Series: Engineering Science and Architecture*, 6 (180), 154–159. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-154-159>

АНОТАЦІЇ
CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302286

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОГНІТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ ВОДІВ НАЗЕМНОЇ ЛОГІСТИКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛАНЦЮГА ПОСТАВОК ЗА ДОПОМОГОЮ АГЕНТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (с. 6–13)

Ishardita Pambudi Tama, Dewi Hardiningtyas, Adithya Sudarno, Aisyah Larasati, Willy Satrio Nugroho

Логістичні перевезення пов'язують генераторів попиту, дистриб'юторів та виробників у рамках мережі ланцюга поставок (МЛП). Наявність логістичних перевезень має вирішальне значення для забезпечення економічної стійкості цілих вузлів. У роботі досліджується вплив людського фактора на ефективність МЛП за допомогою відстеження витрат когнітивної енергії (ВКЕ). Використано агентне моделювання (АМ) для аналізу впливу ВКЕ на основі даних електроенцефалографії (ЕЕГ) водія вантажівки для отримання значень постсинаптичного потенціалу, які потім перетворювалися в теплотворну енергію. Побудовано моделі транспортних агентів, роздрібних продавців та дистриб'юторів на основі логістичного транспортного маршруту на Східній Яві, Індонезія, навколо населених пунктів Карангло, Гемпол, Бунгурасіх та Губенг. Частота та пікове значення даних ЕЕГ, постсинаптичного потенціалу та енергії дають однакові результати. Всі дані свідчать про те, що більш складні маршрути мають більш високу частоту та більш високі пікові значення. АМ-моделювання транспортних агентів показує збалансоване значення ВКЕ на всіх маршрутах завдяки точному графіку відпочинку та прийому їжі. Середній показник успішності доставки становив 8 із 30, або 86,7 %, на кожному етапі моделювання. Таким чином, у збалансованій системі транспортними агентами може бути виконано більшість завдань з доставки товарів. Як наслідок, ефективність МЛП також збалансована завдяки плавному переміщенню запасів без заговарювання та дефіциту. Періоди відпочинку та прийому їжі транспортного агента заплановані після досягнення піку ВКЕ. Для запобігання перевантаженню транспортних агентів необхідно дотримуватися часового інтервалу між періодами відпочинку та транспортними операціями. Перевантаження може призвести до зниження як безпеки перевезень, так і швидкості переміщення запасів. Таким чином, підвищення ефективності МЛП можливе шляхом належного планування роботи транспортних агентів.

Ключові слова: витрати когнітивної енергії (ВКЕ), мережа ланцюга поставок (МЛП), агентне моделювання, електроенцефалографія (ЕЕГ), логістичні перевезення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298274

ВИЗНАЧЕННЯ АЛГОРИТМУ АНАЛІЗУ ТА ВИВЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЙ МІСЬКОЇ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ (с. 14–27)

Zhanerke Temirbekova, Lyazat Naizabayeva, Gulzat Turken, Zukhra Abdiakhmetova, Maxatbek Satymbekov

Об'єктом дослідження є алгоритм кластеризації з використанням різних технологій.

У роботі порівнюються алгоритми кластеризації, які найчастіше використовуються для аналізу траєкторій міської вулично-дорожньої мережі. Для визначення часу обчислень, точності та способів підвищення швидкості обчислень проведено експерименти з різними обсягами великих даних. Результати можуть бути використані для боротьби з заторами в перевантажених районах та вулицях міста. Враховуючи широке використання алгоритмів кластеризації для вирішення різних завдань, у дослідженні пропонується впровадження методів GCM, SPGK для моніторингу та аналізу стану перевантаження міських доріг. Робота виконувалася за наступними кроками: дослідження та вибір методів за ефективністю та витратами часу, впровадження технологій паралельних обчислень для підвищення швидкості обчислень, демонстрація роботи обраного методу на основі зібраних даних реального міста з візуалізацією результатів. Доведено, що алгоритм моделі кривої росту майже в 5 разів ефективніший за метод ліктя та алгоритм x -середніх. Виконано обчислення часу, відведеного на обробку даних. Збільшення обсягу оброблюваних даних показало майже стабільний час виконання $t=3$ с для алгоритму GCM для даних обсягом майже до 2000 одиниць. Показана ефективність SPGK-середніх за різних значень кількості точок. Представлені моделі транспортної мережі міста Ченду, отримані за допомогою алгоритму кластеризації з максимальною щільністю сітки околиць. Через великий розмір сітки є деякі відхилення між сіткою та дорожньою мережею. Така помилка пояснюється похибкою до одиниці між точками та реальною сіткою.

Отримані результати показують, як можна вплинути на оптимізацію перевантажених доріг. Вони надають інформацію для отримання даних про доступні маршрути, що дозволяє аналізувати вулично-дорожню мережу окремо та в цілому.

Ключові слова: точка перевантаження, алгоритм кластеризації на основі сітки методом K -середніх, кластеризація траєкторії, паралельні обчислення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302876

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ РУХУ СУДНА З УРАХУВАННЯМ ПРОГНОЗОВАНИХ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ (с. 28–37)

С. В. Дудченко, О. І. Тимочко, Dmytro Makarchuk, А. І. Головань

Об'єктом дослідження є процеси планування мінімальних експлуатаційних витрат судна при мінімальному ризику для нього та вантажу з урахуванням прогнозованих гідрометеорологічних умов. Метою визначено удосконалення методу формування оптимального маршруту в системі e-Navigation з урахуванням прогнозу погодних умов. Для досягнення мети дослідження при вирішенні проблеми маршрутизації використані нечіткі клітинні автомати в процесі прийняття рішень та оцінці впливу погодних умов на ефективність руху. Запропоноване рішення дозволяє синтезувати оптимальний маршрут руху судна, що забезпечує мінімальне споживання палива та має мінімальний ризик для судна та вантажу і враховує змінні гідрометеорологічні умови на шляху транспортного засобу. Мінімізація експлуатаційних витрат досягається завдяки властивості клітинних автоматів висувати складну поведінку об'єктів з урахуванням локальних правил. Автомати є обчислювальною системою у дискретних просторах. Невизначеність даних вплинула на необхідність використання нечіткої системи, ефективність якої залежить від якості і точності правил. Нечіткі автомати

як результат комплексування нечіткої логіки і теорії автоматів дозволили обробляти безперервні кроки і моделювати притаманну їм невизначеність. Для визначення стану клітин нечіткого клітинного автомату та функції переходу між ними використано систему продукційних правил та функції приналежності. Саме несуперечливість системи продукційних правил при використанні нечіткої логіки для побудови клітинного автомата забезпечує побудову квазіглобального оптимального метода маршрутизації в порівнянні з традиційними методами розрахунку маршруту руху судна.

Ключові слова: e-Voyage, навігаційна обстановка, маршрут, клітинний автомат, нечітка логіка, погодні умови.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302886

РОЗРОБКА НОВОГО АЛГОРИТМУ ОЦІНЮВАННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ НА ПРИКЛАДІ ВОДІЇВ (с. 38–49)

В. А. Попа, С. І. Чеберячко, Ю. І. Чеберячко, О. В. Дерюгін, О. О. Ченчева, Д. В. Резнік, Е. С. Клімов, Є. Є. Лашко, Д. В. Пашко, В. В. Біляєва

Об'єкт дослідження: процес визначення та керування ергономічними ризиками на робочих місцях при виконанні професійної діяльності на прикладі водіїв вантажних автомобілей.

Проблема полягає у невизначеності при прийнятті рішень в системах управління безпекою праці та здоров'ям працівників. Гіпотеза дослідження полягала в можливості оцінювання ергономічних ризиків в системах управління безпекою праці організацій на основі виявлення закономірностей між індексом навантаження, типовими робочими позами при виконанні операцій та інтенсивністю рухів суглобів.

Розроблено алгоритм оцінювання ергономічних ризиків, з урахуванням індексу навантаження, який включає в себе послідовність з одинадцяти кроків, що умовно можна розділити на три групи. Перша – визначення інтенсивності руху суглобів. Друга – визначення впливу активності і тривалості виконання виробничого завдання. Третя – визначення впливу чинників навколишнього середовища. Проведено оцінку ергономічного ризику водіїв за трьома видами виробничих робіт: керування транспортним засобом, заміна пошкодженого колеса, ремонт автомобіля. При цьому в алгоритмі оцінки ергономічного ризику враховано індивідуальний стан здоров'я працівника та фактори навколишнього середовища, а також досвід і стаж роботи. Встановлено, що при технічному обслуговуванні автомобіля існує високий рівень ергономічного ризику через найвищий показник сумарного навантаження, який на 30 % більший у порівнянні з іншими видами робіт водіїв транспортних засобів.

Практичне застосування полягає у розробці універсального чек-листа перевірки водіїв на основі алогоритму для визначення ергономічного ризику працівників на робочих місцях, який складається з 11 кроків.

Ключові слова: чек лист, захворювання опорно-рухового апарату, ергономічний ризик, індекс навантаження, робоча поза.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300168

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПІШОХОДІВ ПРИ ПЕРЕТИНІ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ШЛЯХОМ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ФІКСОВАНИМ ЧАСОМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ (с. 50–59)

В. В. Ковальчук, Ю. З. Лесів

Об'єктом досліджень є безпека руху пішоходів при перетині залізничних колій на пішохідних переходах. Розроблено метод підвищення безпеки руху пішоходів при перетині залізничних колій у межах ділянки наближення до залізничного пішохідного переходу шляхом запровадження інформаційної системи попередження пішоходів про рух поїзду із фіксованим часом попередження.

Проведено експериментальні вимірювання швидкості рухомого складу на ділянці наближення до пішохідного переходу через залізничну колію. При змішаному русі поїздів встановлено, що найменшу швидкість руху мала дрезина 67,46 км/год, а найвищу пасажирський поїзд – 131,9 км/год. При цьому швидкість вантажних поїздів коливалася від 74 до 79 км/год. Такі дані потрібні для визначення швидкості руху рухомого складу на ділянці наближення до переїзду, або переходу, що дозволить вчасно вмикати світлозвукову сигналізацію, коли рух пішохода через колію буде небезпечним.

Наведено методику розрахунку довжини ділянки наближення до пішохідного переходу, у залежності від швидкості руху рухомого складу. Встановлено, що швидкість рухомого складу має значний вплив на довжину ділянки наближення. При найменшій вимірній швидкості руху дрезини – 67,46 км/год, довжина ділянки наближення склала 317,46 м, а при русі пасажирського поїзду із швидкістю 131,9 км/год – 620,68 м.

Для одноколіїної ділянки залізниці встановлено фіксований час попередження пішохода про наближення поїзду до переходу. Він є сталою величиною, яка закладається в інформаційну систему попередження на одноколіїній ділянці і за ним вмикатиметься комплексна світлозвукова сигналізація із інформаційним табло, що попереджуватиме пішохода про рух поїзду. Метод підвищення безпеки руху пішоходів із фіксованим часом попередження пішохода про рух поїзду можна використовувати на переїздах із пошохідним рухом, як доповнення до підсистеми переїзної сигналізації на залізничному транспорті. Також його можна застосовувати на облаштованих пішохідних переходах через залізничну колію в урбанізованих просторах. Перевагою запровадження такого методу є фіксований час попередження пішохода, у кожному конкретному випадку наближення поїзду до переходу.

Ключові слова: безпека руху, пішохідні переходи, інформаційна система, залізнична колія, рухомий склад, фіксований час попередження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302950

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОСІБ З ВАДАМИ ЗОРУ ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ ІЗ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З ІНКЛЮЗИВНИМ НАВЧАННЯМ ЗА ДОПОМОГОЮ СПРОЩЕНОЇ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ (с. 60–69)

О. В. Хлевной, О. Г. Доценко, В. В. Ковалишин, В.-П. О. Пархоменко, В. І. Дивень, А. С. Борисова, С. Я. Вовк

Об'єктом дослідження є параметри руху змішаних евакуаційних потоків, до складу яких входять учасники з вадами зору. Такими параметрами є швидкість руху, щільність та відсоток учасників з вадами зору у складі потоку.

Вирішення проблем розрахунку тривалості евакуації населення із закладів освіти з інклюзивним навчанням є дуже актуальним, оскільки цей процес має суттєву особливість, нехарактерну для евакуації з більшості житлових та громадських будівель. У таких закладах освіти всі здобувачі освіти рухаються у складі груп під контролем науково-педагогічних працівників. Цю особливість не враховано в нормативних документах, які закріплюють методики розрахунку тривалості евакуації. Отримані авторами числові параметри дозволяють вирішити цю проблему.

За результатами експерименту здійснено 241 замір швидкості та щільності потоку на горизонтальних ділянках, 204 – під час спуску сходами і 206 – під час підйому. Шляхом проведення регресійного аналізу встановлено залежності між цими параметрами. В рамках експерименту було здійснено спостереження за потоками із змінним значенням відсоткового відношення осіб із порушенням зору в потоці. Завдяки цьому встановлено вплив збільшення у потоці кількості осіб із порушенням зору на швидкість руху на різних ділянках евакуаційних шляхів.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що поява у складі потоку першого учасника з вадами зору призводить до зменшення швидкості руху. В подальшому залежність між зниженням швидкості та збільшенням відсотка учасників руху з вадами зору є лінійною.

Отримані залежності можуть бути використані як вхідні параметри для розрахунків тривалості евакуації в закладах освіти з інклюзивним навчанням за спрощеною аналітичною моделлю та дають отримати менші відхилення від результатів, отриманих у реальних умовах (3,4–25 %) порівняно з чинною індивідуальною моделлю (35,5–52,3 %).

Ключові слова: пожежна безпека, евакуація людей, порушення зору, час евакуації, інклюзивність.