

ABSTRACT AND REFERENCES

CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322051

IMPROVING A RISK ESTIMATING METHOD FOR THE "SMART HOUSE" INFORMATION SYSTEM IT PROJECT (p. 6–16)

Maksym Ievlanov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

Nataliia Vasylytsova

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4043-487X>

Iryna Panforova

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7032-9109>

Yevhen Kliuvanskyi

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5670-3150>

The object of this study is the IT project risk management process.

The study solves the task to improve the accuracy of risk assessment in IT projects and, in particular, IT projects to design the information system (IS) "Smart House". Research into this area is mainly focused on the application of machine learning (ML) methods to improve the results of conventional evaluation methods. Issues related to quantitative risk assessment of IT projects to design the "Smart House" IS remain practically unexplored.

During the study, it was proposed to use ML methods for preprocessing the raw data. For this purpose, a combined risk assessment method was devised. In this technique, methods of Support Vector Machine and Bayesian networks were applied to process the raw data. The results of their application were used as input data for Monte Carlo simulations.

During the software implementation of the devised method, its technological stack was determined. Fragments of the program code are given, which describe the implementation of the basic elements of the combined method.

The devised method and its software implementation were used to assess the risk of delay in the implementation of the IT project to design the "Smart House" IS. The evaluation results determine the expected duration of this IT project at 234.5 days, with a deviation range of 226–244 days (with a 95 % confidence interval). The results of a comparative analysis of the obtained estimates with estimates of the same risk obtained using the conventional Monte Carlo method show that the devised method provides higher reliability of forecasts.

The application of research findings makes it possible to improve the quality of managing IT projects by increasing the accuracy and reliability of their risk assessments.

Keywords: smart house, IT project, risk assessment, Monte Carlo method, Support Vector Machine, Bayesian network.

References

- Gaied, A. (2020). Smart Home for beginners: Designing and building a smart house. Books on Demand, 81.
- Evenson, A. (2024). How to Build you Own Smart Home: A simple guide for beginners to upgrade and automate any house system.
- The standard for risk management in portfolios, programs, and projects (2019). Project Management Institute, 175.
- Hamilton, S. (2017). How to Make Your Home a Smart Home. Create-space Independent Publishing Platform, 238.
- Morozova, O., Tetskyi, A., Nicheporuk, A., Kruvak, D., Tkachov, V. (2022). Smart home system security risk assessment. Computer Systems and Information Technologies, 3, 81–88. <https://doi.org/10.31891/csit-2021-5-11>
- Hopkin, P., Thompson, C. (2021). Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management. Kogan Page, 480.
- Jacobsson, A., Boldt, M., Carlsson, B. (2016). A risk analysis of a smart home automation system. Future Generation Computer Systems, 56, 719–733. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.003>
- Tereshchenko, L. (2021). Risk management of information systems: stages of the risk management process. Economy and Society, 31. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-12>
- Kurdupov, O. L., Potapova, N. A. (2021). Vykorystannia metodu Monte-Karlo dlia analizu proektnykh ryzykiv. Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi «Kompiuterni tekhnolohiyi obrobky danykh». Vinnytsia, 138–141. Available at: <https://jktod.donnu.edu.ua/article/view/11711>
- ISO/IEC/IEEE 15288:2023. Systems and software engineering. System life cycle processes. <https://doi.org/10.1109/ieeestd.2023.10123367>
- Rashid, C. H., Shafi, I., Ahmad, J., Thompson, E. B., Vergara, M. M., de la Torre Diez, I., Ashraf, I. (2023). Software Cost and Effort Estimation: Current Approaches and Future Trends. IEEE Access, 11, 99268–99288. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3312716>
- Ramaekers, R., Silhavy, R., Silhavy, P. (2023). Software Cost Estimation Using Neural Networks. Software Engineering Research in System Science, 831–847. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35311-6_77
- Kumar, B. N. R., Suresh, Y. (2022). Effective ANN Model based on Neuro-Evolution Mechanism for Realistic Software Estimates in the Early Phase of Software Development. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13 (2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130223>
- Nassar, A. H., Elbisy, A. M. (2024). A Machine Learning Approach to Predict Time Delays in Marine Construction Projects. Engineering, Technology & Applied Science Research, 14 (5), 16125–16134. <https://doi.org/10.48084/etasr.8173>
- Aljorany, H. O., Mahjoob, A. M. R. (2024). Establishing a Budget for Optimal Response Strategies for Risks Categorized into Distinct Groups by using a Mathematical Model and Genetic Algorithm. Engineering, Technology & Applied Science Research, 14 (3), 14747–14753. <https://doi.org/10.48084/etasr.7526>
- Khan, T., Faisal, Mohd. (2023). An efficient Bayesian network model (BNM) for software risk prediction in design phase development. International Journal of Information Technology, 15 (4), 2147–2160. <https://doi.org/10.1007/s41870-023-01244-4>
- Bilousiva, L., Gryzun, L., Zhytienova, N., Pikalova, V. (2023). Issues of Formalization of Risk Management Process in Software Design. Proceedings of the 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. Khmelnytskyi, 48–57. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3373/keynote4.pdf>
- Bekishev, Y., Pisarenko, Z., Arkadiev, V. (2023). FMEA Model in Risk Analysis for the Implementation of AGV/AMR Robotic Technologies into the Internal Supply System of Enterprises. Risks, 11 (10), 172. <https://doi.org/10.3390/risks11100172>
- Albany, M., Alsahafi, E., Alruwili, I., Elkhediri, S. (2022). A review: Secure Internet of thing System for Smart Houses. Procedia Computer Science, 201, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.057>
- Harkai, A. (2024). Managing cyber-security risks associated with IoT devices for conducting financial transactions within the smart home

- ecosystem. *Procedia Computer Science*, 242, 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.260>
21. Garlick, A. (2007). Monte Carlo. Estimating Risk, 213–232. <https://doi.org/10.4324/9781315256122-25>
 22. Paltrinieri, N., Comfort, L., Reniers, G. (2019). Learning about risk: Machine learning for risk assessment. *Safety Science*, 118, 475–486. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.001>
 23. Hovorushchenko, T., Aleksov, S., Talapchuk, S., Shpylyuk, O., Magdin, V. (2022). Overview of the methods and tools for situation identification and decision-making support in the cyberphysical system "smart house". *Computer Systems and Information Technologies*, 4, 20–26. <https://doi.org/10.31891/csit-2022-4-3>
 24. Abdallah, Z. S., Du, L., Webb, G. I. (2023). Data Preparation. *Encyclopedia of Machine Learning and Data Science*, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7502-7_62-2
 25. Li, B., Lu, P. (2024). Normalize data component. *Azure Machine Learning*. Available at: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/azure/machine-learning/component-reference/normalize-data?view=azureml-api-2>
 26. Jo, T. (2020). Data Encoding. *Machine Learning Foundations*, 47–68. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65900-4_3
 27. Kelleher, J. D. (2019). *Deep Learning*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11171.001.0001>
 28. Leshchuk, H. V. (2017). Simulation Analysis of Monte Carlo in the System of Investment Projects Risks Assessment. *Ukrainian Journal of Applied Economics*, 2 (1), 57–67. Available at: <http://ujae.wunu.edu.ua/index.php/ujae/article/view/119>
 29. Novkov, A. (2024). Monte Carlo Charts: How to Use Them in Practice? Available at: <https://businessmap.io/blog/monte-carlo-chart-graph>
 30. Yak vybraty pravylnyi tekhnolohichniy stek dlia vashoho proektu. REDSTONE. Available at: <https://redstone.agency/blog/yak-vybraty-pravylnyi-tekhnolohichniy-stek-dlia-vashoho-proektu/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.321273
CONSTRUCTION OF HIERARCHICAL CLASSIFICATION MODEL FOR PRODUCT MANAGEMENT: PENALIZED INFORMATION GAIN CONSIDERING DYNAMIC WEIGHT COEFFICIENTS (p. 17–27)

Olga Narushynska

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0628-8218>

Maksym Arzubov

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-9978-7072>

Vasyl Teslyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

The object of this study is the process of constructing hierarchical classifiers for textual data within a defined taxonomy. The task addressed focuses on minimizing cascading errors and enhancing classification consistency across all hierarchy levels, a critical challenge for deep and imbalanced hierarchical structures. The proposed model leverages the Penalized Information Gain (PIG) criterion with dynamically adjusted weight coefficients.

A model for hierarchical text classification has been built. It aims to improve classification accuracy and preserve the structural logic of data within multi-level taxonomies.

Data featuring a multi-level taxonomy that meets classification requirements have been synthesized and are employed for training and testing classifiers. The performance of local and global hierarchical classification models was compared against conventional classifiers that do not account for taxonomic relationships between classes. The

results demonstrate that using weight coefficients based on hierarchical levels enables an adequate representation of taxonomic dependencies, which is crucial for maintaining data integrity and improving categorization quality at various levels. Experimental findings show an 8 % increase in the F1 score at the class and subclass levels.

A distinctive feature of the model built is the integration of dynamic weights into the splitting criterion, which allows hierarchical dependences between classes to be effectively addressed and cascading errors, typical of conventional approaches, to be minimized.

The model's practical application spans product management systems in e-commerce, text analytics in the restaurant business, and automated categorization systems for multi-level structures.

Keywords: hierarchical classification, global and local model, cascading errors, weight coefficients, taxonomy.

References

1. Zangari, A., Marcuzzo, M., Rizzo, M., Giudice, L., Albarelli, A., Gasparretto, A. (2024). Hierarchical Text Classification and Its Foundations: A Review of Current Research. *Electronics*, 13 (7), 1199. <https://doi.org/10.3390/electronics13071199>
2. Uddin, M. A., Aryal, S., Bouadjene, M. R., Al-Hawawreh, M., Talukder, M. A. (2024). Hierarchical classification for Intrusion Detection System: Effective at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.13013>
3. Li, J., Wang, H., Song, C., Han, R., Hu, T. (2021). Research on Hierarchical Clustering Undersampling and Random Forest Fusion Classification Method. 2021 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC), 53–57. <https://doi.org/10.1109/pic53636.2021.9687089>
4. Song, J., Zhang, P., Qin, S., Gong, J. (2015). A Method of the Feature Selection in Hierarchical Text Classification Based on the Category Discrimination and Position Information. 2015 International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration, 132–135. <https://doi.org/10.1109/iciic.2015.116>
5. Shu, H., Cao, L., Xu, Z., Liu, K. (2009). The Research of Multidimensional Information Decision Mining Based on Information Entropy. 2009 International Forum on Information Technology and Applications, 732–735. <https://doi.org/10.1109/ifta.2009.559>
6. Doroshenko, A. (2019). Application of Global Optimization Methods to Increase the Accuracy of Classification in the Data Mining Tasks. *Computer Modeling and Intelligent Systems*, 2353, 98–109. <https://doi.org/10.32782/cm.2353-8>
7. Shi, X. (2024). Analysis and Design of the GS1 System Based on ITF-14. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 3 (3), 206–214. <https://doi.org/10.62051/ijcsit.v3n3.21>
8. Borges, H. B., Silla, C. N., Nievola, J. C. (2013). An evaluation of global-model hierarchical classification algorithms for hierarchical classification problems with single path of labels. *Computers & Mathematics with Applications*, 66 (10), 1991–2002. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2013.06.027>
9. Joachims, T. (1998). Text categorization with Support Vector Machines: Learning with many relevant features. *Machine Learning: ECML-98*. Berlin, Heidelberg: Springer, 137–142. <https://doi.org/10.1007/bfb0026683>
10. Silla, C. N., Freitas, A. A. (2011). A survey of hierarchical classification across different application domains. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 22 (1-2), 31–72. <https://doi.org/10.1007/s10618-010-0175-9>
11. Basu, S., Bilenko, M., Mooney, R. J. (2004). A probabilistic framework for semi-supervised clustering. *Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. <https://doi.org/10.1145/1014052.1014062>
12. Sun, A., Lim, E.-P. (2002). Hierarchical text classification and evaluation. *Proceedings 2001 IEEE International Conference on Data Mining*, 521–528. <https://doi.org/10.1109/icdm.2001.989560>

13. Read, J., Pfahringer, B., Holmes, G., Frank, E. (2011). Classifier chains for multi-label classification. *Machine Learning*, 85 (3), 333–359. <https://doi.org/10.1007/s10994-011-5256-5>
14. Sherif, M. (2020). ProBERT: Product Data Classification with Fine-tuning BERT Model. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222304838>
15. Gao, D., Yang, W., Zhou, H., Wei, Y., Hu, Y., Wang, H. (2020). Deep Hierarchical Classification for Category Prediction in E-commerce System. *Proceedings of The 3rd Workshop on E-Commerce and NLP*. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.ecnlp-1.10>
16. Shen, D., Ruvini, J.-D., Sarwar, B. (2012). Large-scale item categorization for e-commerce. *Proceedings of the 21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 595–604. <https://doi.org/10.1145/2396761.2396838>
17. Yang, Z., Yang, D., Dyer, C., He, X., Smola, A., Hovy, E. (2016). Hierarchical Attention Networks for Document Classification. *Proceedings of the 2016 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. <https://doi.org/10.18653/v1/n16-1174>
18. Gupta, V., Karnick, H., Bansal, A., Jhala, P. (2016). Product Classification in E-Commerce using Distributional Semantics. *Proceedings of COLING 2016. Osaka*, 536–546. Available at: <https://aclanthology.org/C16-1052/>
19. Cai, X., Xiao, M., Ning, Z., Zhou, Y. (2023). Resolving the Imbalance Issue in Hierarchical Disciplinary Topic Inference via LLM-based Data Augmentation. *2023 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*, 1424–1429. <https://doi.org/10.1109/icdmw60847.2023.00181>
20. Peng, H., Li, J., Wang, S., Wang, L., Gong, Q., Yang, R., Li, B. et al. (2021). Hierarchical Taxonomy-Aware and Attentional Graph Capsule RCNNs for Large-Scale Multi-Label Text Classification. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 33 (6), 2505–2519. <https://doi.org/10.1109/tkde.2019.2959991>
21. Naik, A., Rangwala, H. (2016). Filter based taxonomy modification for improving hierarchical classification. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1603.00772>
22. Narushynska, O., Teslyuk, V., Doroshenko, A., Arzubov, M. (2024). Data Sorting Influence on Short Text Manual Labeling Quality for Hierarchical Classification. *Big Data and Cognitive Computing*, 8 (4), 41. <https://doi.org/10.3390/bdcc8040041>
23. GPC browser. Available at: <https://gpc-browser.gs1.org/>
24. Jayakody, J., Vidanagama, V., Perera, I., Herath, H. (2023). BERT Layer Weighting Comparison with Short Text Classification. *2023 IEEE 17th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, 163–168. <https://doi.org/10.1109/iciis58898.2023.10253544>
25. Tangirala, S. (2020). Evaluating the Impact of GINI Index and Information Gain on Classification using Decision Tree Classifier Algorithm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110277>
26. Araabi, A., Monz, C., i Niculae, V. (2022). How effective is Byte Pair Encoding for out-of-vocabulary words in neural Machine Translation? *Proceedings of the 15th biennial conference of the Association for Machine Translation in the Americas (Volume 1: Research Track)*. Orlando, 117–130. Available at: <https://aclanthology.org/2022.amta-research.9/>
27. Bao, D., Qin, D., Liang, X., Hong, L. (2021). Short Text Classification Model Based on BERT and Fusion Network. *2021 5th International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence*, 168–174. <https://doi.org/10.1145/3507548.3507574>
28. Lima Marinho, T., do Nascimento, D. C., Pimentel, B. A. (2024). Optimization on selecting XGBoost hyperparameters using meta-learning. *Expert Systems*, 41 (9). <https://doi.org/10.1111/exsy.13611>
29. Rao, S. X., Egger, P. H., Zhang, C. (2023). Hierarchical classification of research fields in the "web of science" using deep learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.00390>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322428

GAMIFICATION OF DECISION SUPPORT PROCESS FOR ADOLESCENTS' CAREER CHOICE (p. 28–36)

Mykyta Poliakov

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5061-4866>**Bohdan Yeremenko**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3734-0813>**Natalia Poltorachenko**

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2238-6130>**Yuliia Riabchun**

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8320-4038>

The object of this study is the process of forming recommendations for adolescents regarding their choice of profession based on performance in a multi-level, profession-oriented computer game. The problem addressed is the gamification of adolescents' professional self-identification. A multilayer perceptron with two sequential hidden layers of 32 and 16 nodes has been proposed to generate recommendations in real time. The task is formulated as a categorization problem using game performance data, including interest level, learning readiness, time spent, and the number of attempts for level completion. The neural network design allows integration with various games and expansion of the training dataset. Combining "time" and "number of attempts" ensures the accuracy and efficiency of the training process, mitigating evaluation bias caused by users guessing strategies through frequent attempts. Experts validate the game's alignment with professional qualification requirements and assess adolescents' readiness to acquire necessary competencies. Abilities are evaluated by comparing the gameplay parameters of users with those of specialists. The specialist's results serve as benchmarks to normalize data, forming the basis for recommendations. Unlike previous approaches, this study accounts for both the time taken to complete each level and the number of attempts, ensuring fairer evaluations. The practical significance of the work is to offer users accessible tools for career decision-making through engaging in profession-oriented games. The neural network model has the potential for implementation in career guidance systems, provided the training dataset is expanded and the system undergoes additional testing under a trial mode for refinement and adaptation.

Keywords: multilayer perceptron, gamification of career guidance, real-time electronic assessment.

References

1. Tayfur, S. N., Prior, S., Roy, A. S., Fitzpatrick, L. I., Forsyth, K. (2021). Adolescent psychosocial factors and participation in education and employment in young adulthood: A systematic review and meta-analyses. *Educational Research Review*, 34, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100404>
2. Petrenko, O. K. (2023). Pidvyshchennia konkurentozdatnosti maibutnikh fakhivtsiv u sferi profesynnoi osvity. Ivano-Frankivsk.
3. Profesiina oriantatsiya: sut, zavdannia ta osnovni pryntsyipy. Referat. Available at: <https://osvita.ua/vnz/reports/sociology/30007/>
4. van Roy, R., Zaman, B. (2018). Need-supporting gamification in education: An assessment of motivational effects over time. *Computers & Education*, 127, 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.018>

5. Urdzina-Merca, I., Dislere, V. (2018). Information and Communication Technology-Based Career Guidance Model for Young People. Rural Environment. Education. Personality. (REEP) : Proceedings of the 11th International Scientific Conference, 11, 406–415. <https://doi.org/10.22616/reep.2018.050>
6. Crişan, C., Pavelea, A., Ghimbuluţ, O. (2015). A Need Assessment on Students' Career Guidance. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 180, 1022–1029. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.196>
7. Vazhlyvist zastosuvannya ihrovykh metodiv u proforientatsiyi. Available at: <https://bizgame.top/korporativnyiy-blog-uk/vazhlyvist-zastosuvannya-igrovykh-metodiv-u-proforiyentaciyi/>
8. Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. On the Horizon, 9 (5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
9. Antonov, Ye. V. (2022). Heimifikatsiya osvithnoho protsesu: analiz poniattia. Innovatsiyni transformatsiy v suchasniy osviti: vyklyky, realiyi, stratehiyi: zb. materialiv IV Vseukr. vidkr. nauk.-prakt. onlain-forumu. Kyiv, 250–252. Available at: http://eprints.zu.edu.ua/35833/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_%D0%9A%D0%B8%D1%97%D1%96%D0%B2.pdf
10. Horban, O., Maletska, M. (2020). Philosophical and educational aspects of videogame activity in conditions of online learning. Osvitolohichnyi dyskurs, 3 (30), 1–18. Available at: https://www.academia.edu/86837633/ФІЛОСОФСЬКО_ОСВІТНІ_АСПЕКТИ_ВІДЕОІГРОВОЇ_ДІЯЛЬНОСТІ_В_УМОВАХ_ОНЛАЙН_НАВЧАННЯ
11. Lyashchenko, T., Hryshunina, M., Pichkur, V. (2018). Gamification as one of the innovative forms of the training process. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 35, 113–123. Available at: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/49c87cb2-b3a0-417f-8db1-facc2e9e17f2/content>
12. Kazarian, S. (2021). Yak heimifikatsiya pronykla v usi sfery nashoho zhyttia. Istoriya fenomena ta keisy ukrainskykh tsyfrovykh produktiv. Available at: <https://telegraf.design/yak-gejmifikatsiya-pronykla-v-usi-sfery-nashogo-zhyttia/>
13. Konstankevych, L., Radkevych, M., Lekhitskiy, T. (2022). Gamification as an innovative approach in the educational process. New pedagogical thought, 111 (3), 47–51. <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2022-111-3-47-51>
14. Kryvonos, O., Kryvonos, M., Yatsenko, O., Yatsenko, O., Torhonska, A. (2022). Shaping the digital competence of students in core classes. Science and Technology Today, 7 (7). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-7\(7\)-128-141](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-7(7)-128-141)
15. Mekhed, K. (2020). Gamification in education as an innovative means of realizing the competency approach at higher educational establishments. Visnyk Natsionalnoho universytetu "Chernihivskiy kolehium" imeni T. H. Shevchenka, 7 (163), 19–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3758978>
16. Shi, Y.-R., Shih, J.-L. (2012). Game-Based Career Guidance Systems Design Concept. 2012 IEEE Fourth International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning, 187–191. <https://doi.org/10.1109/digitel.2012.53>
17. Putz, L.-M., Doppler, V., Stockhammer, V. (2022). Gamified workshops in career choice: Gamification to reduce the lack of personnel in the logistics sector. CEUR Workshop Proceedings, 124–134. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-3147/paper13.pdf>
18. Poliakov, M., Mezzane, D., Terenchuk, S., Riabchun, Y., Rusnak, P., Biloshchytska, S. (2022). Gamefication of Youth's Career Guidance Self-Identification. 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 1–6. <https://doi.org/10.1109/sist54437.2022.9945751>
19. Terenchuk, S., Riabchun, Yu., Poltorachenko, N., Poliakov, M., Levashenko, V. (2022). Information technology of adolescents' professional self-identification. 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelIT-SIS-2022), 208–217.
20. Supervised versus unsupervised learning: What's the difference? Available at: <https://www.ibm.com/think/topics/supervised-vs-unsupervised-learning>
21. Machine learning 101: Supervised, unsupervised, reinforcement learning explained. Available at: <https://datasciencedojo.com/blog/machine-learning-101/>
22. Poliakov, M., Yeremenko, B. (2024). Info-Communication System of the Electronic Estimation of Adolescents' Special Abilities. Management of Development of Complex Systems, 58, 139–145. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.139-145>
23. How ReLU includes non linearity in neural network? Available at: <https://medium.com/@kumaranupam2020/how-relu-includes-non-linearity-in-neural-network-b9f03fbcac9>
24. Softmax Activation Function: Everything You Need to Know. Available at: <https://www.pinecone.io/learn/softmax-activation/>
25. Categorical Cross-Entropy in Multi-Class Classification. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/categorical-cross-entropy-in-multi-class-classification/>
26. Adam Optimizer. Available at: <https://www.ultralytics.com/fr/glossary/adam-optimizer>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322316

IMPROVING OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR PLANNING A BALANCED DIET (p. 37–47)

Viktor Ladyzhets

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4326-7325>

Svitlana Terenchuk

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6527-4123>

Iryna Aznaurian

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7085-7291>

Antonina Makhynia

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0295-0627>

The object of this study is the process of creating a personalized menu. The subject of the study is recommendation systems for generating breakfast, lunch, snack, and dinner menus. The task solved was the development of an effective system for supporting the decisions by a wide range of users in planning a balanced diet. To form a menu of dishes of different categories of meals in a hybrid system for planning a balanced human diet, it is proposed to use different recommendation systems based on different models of artificial intelligence. The choice of the singular matrix decomposition model, the gradient boosting model of decision trees, and the wide and deep learning models for recommendation systems for forming a menu of dishes has been substantiated by the results of analysis. Based on the results of the experiment with these artificial intelligence models, it was determined which of them are more effective in solving the problem of forming a menu of meals for different categories of meals. The effectiveness of all models was evaluated by such test indicators as Precision@K, mean absolute and root mean square error. The feasibility of choosing the singular matrix decomposition model for generating breakfast menus and the wide and deep learning models for generating snack, lunch, and dinner menus was evaluated by the Precision@K values. The singular matrix decomposition model,

compared to the other models studied in this paper, showed the highest Precision@K for breakfast, namely 0.942. The wide and deep learning models demonstrated the highest Precision@K for lunch, snack, and dinner: 0.961, 0.977, and 0.951, respectively. In practice, the results could be used to develop highly efficient personalized meal planning services in mobile and online platforms.

Keywords: decision tree, deep learning, efficiency, matrix factorization, recommender system.

References

- Overweight and obesity – BMI statistics. Eurostat. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Overweight_and_obesity_-_BMI_statistics
- Misra, A., Jayawardena, R., Anoop, S. (2019). Obesity in South Asia: Phenotype, Morbidities, and Mitigation. *Current Obesity Reports*, 8 (1), 43–52. <https://doi.org/10.1007/s13679-019-0328-0>
- Powell-Wiley, T. M., Poirier, P., Burke, L. E., Després, J.-P., Gordon-Larsen, P., Lavie, C. J. et al. (2021). Obesity and Cardiovascular Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 143 (21). <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000973>
- Adair, T., Lopez, A. D. (2020). The role of overweight and obesity in adverse cardiovascular disease mortality trends: an analysis of multiple cause of death data from Australia and the USA. *BMC Medicine*, 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01666-y>
- Liu, J., Rehm, C. D., Onopa, J., Mozaffarian, D. (2020). Trends in Diet Quality Among Youth in the United States, 1999–2016. *JAMA*, 323 (12), 1161. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.0878>
- Pecune, F., Callebort, L., Marsella, S. (2020). A Socially-Aware Conversational Recommender System for Personalized Recipe Recommendations. *Proceedings of the 8th International Conference on Human-Agent Interaction*, 78–86. <https://doi.org/10.1145/3406499.3415079>
- Papastratis, I., Konstantinidis, D., Daras, P., Dimitropoulos, K. (2024). AI nutrition recommendation using a deep generative model and ChatGPT. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65438-x>
- Stefanidis, K., Tsatsou, D., Konstantinidis, D., Gymnopoulos, L., Daras, P., Wilson-Barnes, S. et al. (2022). PROTEIN AI Advisor: A Knowledge-Based Recommendation Framework Using Expert-Validated Meals for Healthy Diets. *Nutrients*, 14 (20), 4435. <https://doi.org/10.3390/nu14204435>
- Zioutos, K., Kondylakis, H., Stefanidis, K. (2023). Healthy Personalized Recipe Recommendations for Weekly Meal Planning. *Computers*, 13 (1), 1. <https://doi.org/10.3390/computers13010001>
- Majumder, B. P., Li, S., Ni, J., McAuley, J. (2019). Generating Personalized Recipes from Historical User Preferences. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*, 5975–5981. <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1613>
- Mohan, A., Singh, S., Kalpana, Dr. A. V. (2023). Meal Plan Monitoring and Recommendation System. *Recent Trends in Data Science and Its Applications*, 595–602. <https://doi.org/10.13052/rp-9788770040723.117>
- Zhang, S., Yao, L., Sun, A., Tay, Y. (2019). Deep Learning Based Recommender System. *ACM Computing Surveys*, 52 (1), 1–38. <https://doi.org/10.1145/3285029>
- Ladyzhets, V., Yeremenko, B., Terenchuk, S. (2024). Candidate Generation for Meal Recommendation System. *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 560–564. <https://doi.org/10.1109/sist61555.2024.10629517>
- Pu, L., Faltings, B. (2013). Understanding and improving relational matrix factorization in recommender systems. *Proceedings of the 7th ACM Conference on Recommender Systems*, 41–48. <https://doi.org/10.1145/2507157.2507178>
- Li, D., Jin, R., Gao, J., Liu, Z. (2020). On Sampling Top-K Recommendation Evaluation. *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. <https://doi.org/10.1145/3394486.3403262>
- Manety, S., Khider, D., Heiser, C., McKay, N., Emile-Geay, J., Routson, C. (2022). PaleoRec: A sequential recommender system for the annotation of paleoclimate datasets. *Environmental Data Science*, 1. <https://doi.org/10.1017/eds.2022.3>
- Hug, N. (2020). Surprise: A Python library for recommender systems. *Journal of Open Source Software*, 5 (52), 2174. <https://doi.org/10.21105/joss.02174>
- Guolin, K. et al. (2017). LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. *31st Conference on Neural Information Processing Systems*. Available at: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/6449f44a102fde848669bdd9eb6b76fa-Paper.pdf
- Abadi, M. et al. (2015). TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1603.04467>
- Jiao, J., Zhang, X., Li, F., Wang, Y. (2020). A Novel Learning Rate Function and Its Application on the SVD++ Recommendation Algorithm. *IEEE Access*, 8, 14112–14122. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2960523>
- Mat Amin, M., Yep Ai Lan, J., Makhtar, M., Rasid Mamat, A. (2018). A Decision Tree Based Recommender System for Backpackers Accommodations. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (2.15), 45. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.15.11210>
- Cheng, H.-T., Koc, L., Harmsen, J., Shaked, T., Chandra, T., Aradhye, H. et al. (2016). Wide & Deep Learning for Recommender Systems. *Proceedings of the 1st Workshop on Deep Learning for Recommender Systems*. <https://doi.org/10.1145/2988450.2988454>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322991

DEVISING A METHOD FOR SOLVING A MULTI-CRITERIA SHORTEST PATH PROBLEM WITH FUZZY INITIAL DATA (p. 48–56)

Olha Matvienko

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7492-7616>

Oleksandr Miroshnichenko

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7568-4942>

The object of this study is the optimization of road freight transportation routes under conditions of martial law or emergencies. The paper addresses the task of building a model and devising a method for solving the multi-criteria shortest path problem, taking into account the uncertainty of input data and the multiplicity of optimization criteria. The input data consists of communication lengths, their safety level, and road surface quality, which are represented by elements of fuzzy sets with corresponding membership functions, as well as a road network graph. The introduction of a system of rules, according to which the communication optimal by three criteria is chosen, has made it possible to formulate a generalized fuzzy optimization criterion for the edges of the graph, represented by the membership function of the fuzzy goal. This criterion is used as the weight of the edges in the devised method for solving the problem and makes it possible to simultaneously take into account the uncertainty of the input data and several optimization criteria. The method for solving the problem is based on a modified Dijkstra's algorithm. For fuzzy data processing, fuzzy logical inference is used to form a generalized optimization criterion, and the Bellman-Zadeh approach is used for the optimization problem. The results of solving the problem are the optimal route, its length, safety level, and road surface quality. For the considered road network, the length of the optimal route (41 km) is not the shortest, compared to other methods (ranging from 19 km

to 50 km), but the safety level of the route is high (0.75). This is due to the values of the weight coefficients of the optimization criteria. The application of this method for optimizing freight transportation routes under conditions of martial law could improve the efficiency and reliability of transport systems under conditions of uncertainty.

Keywords: multi-factor optimization, optimal route, fuzzy data, membership function, fuzzy criterion.

References

- Sebayang, V. N. C., Rosyida, I. (2022). Implementations of Dijkstra Algorithm for Searching the Shortest Route of Ojek Online and a Fuzzy Inference System for Setting the Fare Based on Distance and Difficulty of Terrain (Case Study: in Semarang City, Indonesia). *Proceedings of the International Conference on Mathematics, Geometry, Statistics, and Computation (IC-MaGeStiC 2021)*. <https://doi.org/10.2991/acsr.k.220202.016>
- Tordecilla, R. D., Martins, L. do C., Panadero, J., Copado, P. J., Perez-Bernabeu, E., Juan, A. A. (2021). Fuzzy Simheuristics for Optimizing Transportation Systems: Dealing with Stochastic and Fuzzy Uncertainty. *Applied Sciences*, 11 (17), 7950. <https://doi.org/10.3390/app11177950>
- Aroniadi, C., Beligiannis, G. N. (2024). Solving the Fuzzy Transportation Problem by a Novel Particle Swarm Optimization Approach. *Applied Sciences*, 14 (13), 5885. <https://doi.org/10.3390/app14135885>
- Ntakolia, C., Lyridis, D. V. (2021). A Swarm Intelligence Graph-Based Pathfinding Algorithm Based on Fuzzy Logic (SIGPAF): A Case Study on Unmanned Surface Vehicle Multi-Objective Path Planning. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (11), 1243. <https://doi.org/10.3390/jmse9111243>
- Wang, C.-N., Dang, T.-T., Le, T. Q., Kewcharoenwong, P. (2020). Transportation Optimization Models for Intermodal Networks with Fuzzy Node Capacity, Detour Factor, and Vehicle Utilization Constraints. *Mathematics*, 8 (12), 2109. <https://doi.org/10.3390/math8122109>
- Milošević, T., Pamučar, D., Chatterjee, P. (2021). Model for selecting a route for the transport of hazardous materials using a fuzzy logic system. *Vojnotehnicki Glasnik*, 69 (2), 355–390. <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-29629>
- Lin, L., Wu, C., Ma, L. (2020). A genetic algorithm for the fuzzy shortest path problem in a fuzzy network. *Complex & Intelligent Systems*, 7 (1), 225–234. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00195-8>
- Ortega, J., Tóth, J., Moslem, S., Péter, T., Duleba, S. (2020). An Integrated Approach of Analytic Hierarchy Process and Triangular Fuzzy Sets for Analyzing the Park-and-Ride Facility Location Problem. *Symmetry*, 12 (8), 1225. <https://doi.org/10.3390/sym12081225>
- Matviienko, O. I., Miroshnichenko, O. O. (2024). Application of fuzzy vector optimization methods for diet compilation. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Mathematical Modeling in Engineering and Technologies*, 2, 46–54. [https://doi.org/10.20998/2222-0631.2023.02\(5\).05](https://doi.org/10.20998/2222-0631.2023.02(5).05)
- Matviienko, O., Zakutnii, S. (2024). Fuzzy logic in the problems of determining the economic parameters of project implementation. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 1 (27), 96–108. <https://doi.org/10.30837/itssi.2024.27.096>
- Bellman, R. E., Zadeh, L. A. (1970). Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 17 (4), B-141–B-164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.b141>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.319733

A SCALABLE MODEL FOR CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH PICKUP AND DELIVERY UNDER DYNAMIC CONSTRAINTS USING ADAPTIVE HEURISTIC-BASED ANT COLONY OPTIMIZATION (p. 57–65)

Imam Muslem R

Universitas Sumatera Utara, North Sumatera, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1493-597X>

Mahyuddin K. M. Nasution

Universitas Sumatera Utara, North Sumatera, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1089-9841>

Sutarman

Universitas Sumatera Utara, North Sumatera, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2171-9260>

Suherman

Universitas Sumatera Utara, North Sumatera, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7375-4626>

This study addresses the Capacitated Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (CVRPPD), a core challenge in urban logistics involving the optimization of vehicle routes under dynamic constraints. Traditional algorithms predominantly focus on static variables like distance, failing to account for real-world factors such as traffic congestion, adverse weather, and vehicle capacity limitations. To solve this problem, the Adaptive Heuristic-Based Ant Colony Optimization (AHB-ACO) algorithm was developed, incorporating these dynamic constraints into the routing optimization process. The AHB-ACO algorithm minimizes total travel costs while ensuring adherence to vehicle capacity limits and improving route safety. Simulation tests were conducted on datasets with 50, 100, and 200 customers to evaluate performance under varying levels of complexity. The results demonstrate that AHB-ACO outperforms traditional ACO, particularly in dynamic scenarios, achieving a total cost of 4155.82 with an execution time of 1639.68 seconds for the 200-customer dataset. The algorithm's adaptive heuristic formula integrates distance, traffic congestion, and weather penalties, enabling the generation of safer and more realistic routes. These results are explained by the algorithm's ability to dynamically adjust to constraints, ensuring robust performance in complex environments. The findings highlight AHB-ACO's practical applicability in urban logistics, offering scalability and adaptability for real-world delivery and pickup challenges, especially in areas affected by fluctuating traffic and weather conditions.

Keywords: adaptive heuristic-based ant colony optimization, capacitated vehicle routing problem, dynamic constraints, traffic congestion, adverse weather, urban logistics.

References

- Song, M., Li, J., Li, L., Yong, W., Duan, P. (2018). Application of Ant Colony Algorithms to Solve the Vehicle Routing Problem. *Intelligent Computing Theories and Application*, 831–840. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95930-6_83
- Yu, W., Liu, Z., Bao, X. (2019). Distance Constrained Vehicle Routing Problem to Minimize the Total Cost. *Computing and Combinatorics*, 639–650. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26176-4_53
- Akkerman, F., Mes, M. (2022). Distance approximation to support customer selection in vehicle routing problems. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04674-8>
- Zhu, Z., Qian, Y., Zhang, W. (2021). Research on UAV Searching Path Planning Based on Improved Ant Colony Optimization Algorithm. 2021 IEEE 3rd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT), 1319–1323. <https://doi.org/10.1109/iccasit53235.2021.9633591>
- Xiang, A., Wang, L. (2021). Research on Path Planning of UAV Forest Fire Fighting Based on Improved Ant Colony Algorithm. 2021 7th International Conference on Computing and Artificial Intelligence, 289–295. <https://doi.org/10.1145/3467707.3467751>
- Jang, J., Kim, M., Lee, J. (2019). Improvement of Ant Colony Optimization Algorithm to Solve Traveling Salesman Problem. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 42 (3), 1–7. <https://doi.org/10.11627/jkise.2019.42.3.001>
- Frias, N., Johnson, F., Valle, C. (2023). Hybrid Algorithms for Energy Minimizing Vehicle Routing Problem: Integrating Clusterization and

- Ant Colony Optimization. *IEEE Access*, 11, 125800–125821. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3325787>
8. Ky Phuc, P. N., Phuong Thao, N. L. (2021). Ant Colony Optimization for Multiple Pickup and Multiple Delivery Vehicle Routing Problem with Time Window and Heterogeneous Fleets. *Logistics*, 5 (2), 28. <https://doi.org/10.3390/logistics5020028>
 9. Pan, T., Pan, H., Gao, J. (2015). An improved ant colony algorithm based on vehicle routing problem. 2015 34th Chinese Control Conference (CCC), 2747–2752. <https://doi.org/10.1109/chicc.2015.7260059>
 10. Ren, T., Luo, T., Jia, B., Yang, B., Wang, L., Xing, L. (2023). Improved ant colony optimization for the vehicle routing problem with split pickup and split delivery. *Swarm and Evolutionary Computation*, 77, 101228. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2023.101228>
 11. Huang, Y.-H., Blazquez, C. A., Huang, S.-H., Paredes-Belmar, G., Latorre-Nuñez, G. (2019). Solving the Feeder Vehicle Routing Problem using ant colony optimization. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 520–535. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.037>
 12. Peng, Y., Pan, Y., Qin, Z., Li, D. (2015). An adaptive hybrid ant colony optimization algorithm for solving Capacitated Vehicle Routing. *Proceedings of the 2015 International Industrial Informatics and Computer Engineering Conference*. <https://doi.org/10.2991/iiicec-15.2015.132>
 13. Dhanya, K. M., Kanmani, S. (2017). Dynamic Vehicle Routing Problem: Solution by Ant Colony Optimization with Hybrid Immigrant Schemes. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 9 (7), 52–60. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2017.07.06>
 14. Fatimah Mohamad Ayop, S., Shahizan Othman, M., Mi Yusuf, L. (2020). Ant Colony Optimization Using Different Heuristic Strategies for Capacitated Vehicle Routing Problem. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 864 (1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/864/1/012082>
 15. Guo, N., Qian, B., Na, J., Hu, R., Mao, J.-L. (2022). A three-dimensional ant colony optimization algorithm for multi-compartment vehicle routing problem considering carbon emissions. *Applied Soft Computing*, 127, 109326. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109326>
 16. Thymianis, M., Tzanetos, A., Osaba, E., Dounias, G., Del Ser, J. (2022). Electric Vehicle Routing Problem: Literature Review, Instances and Results with a Novel Ant Colony Optimization Method. 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 1–8. <https://doi.org/10.1109/cec55065.2022.9870373>
 17. Wu, H., Gao, Y. (2023). An ant colony optimization based on local search for the vehicle routing problem with simultaneous pickup-delivery and time window. *Applied Soft Computing*, 139, 110203. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110203>
 18. Siddalingappa, P., Basavaraj, P., Basavaraj, P., Gowramma, P. (2023). Route optimization via improved ant colony algorithm with graph network. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, 12 (3), 403. <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i3.pp403-413>
 19. Setyati, E., Juniwati, I. (2022). Ant Colony Optimization Ant Colony Optimization untuk menyelesaikan perutean distribusi Snack dengan Vehicle Routing Problem. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 9 (2), 111–117. <https://doi.org/10.25047/jtit.v9i2.296>
 20. Alwabli, A., Kostanic, I., Malky, S. (2020). Dynamic Route Optimization For Waste Collection and Monitoring smart bins Using Ant colony Algorithm. 2020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS), 1–7. <https://doi.org/10.1109/icecocs50124.2020.9314571>
 21. Han, J., Mozhdehi, A., Wang, Y., Sun, S., Wang, X. (2022). Solving a multi-trip VRP with real heterogeneous fleet and time windows based on ant colony optimization. *Proceedings of the 15th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3557991.3567776>
 22. Kyriakakis, N. A., Marinaki, M., Marinakis, Y. (2021). A hybrid ant colony optimization-variable neighborhood descent approach for the cumulative capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 134, 105397. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105397>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322051

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ІТ-ПРОЄКТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» (с. 6–16)**М. В. Євланов, Н. В. Васильцова, І. Ю. Панфьорова, Є. Г. Клованський**

Об'єкт дослідження – процес управління ризиками ІТ-проєкту.

Під час дослідження вирішувалася проблема підвищення точності оцінювання ризиків у ІТ-проєктах і, зокрема, у ІТ-проєктах розробки інформаційної системи (ІС) «Розумний будинок». Дослідження в цій галузі спрямовані, переважно, на застосування методів машинного навчання (ML) для вдосконалення результатів застосування традиційних методів оцінювання. Питання кількісного оцінювання ризиків для ІТ-проєктів розробки ІС «Розумний будинок» залишаються практично недослідженими.

Під час дослідження було запропоновано використовувати методи ML для попередньої обробки вихідних даних. З цієї метою був розроблений комбінований метод оцінювання ризиків. В цьому методі для обробки вихідних даних були застосовані методи Support Vector Machine та байєсівських мереж. Результати їх застосування були використані як вихідні дані для симуляцій методом Монте-Карло.

Під час програмної реалізації розробленого методу було визначено її технологічний стек. Наведено фрагменти програмного коду, які описують реалізацію основних елементів комбінованого методу.

Розроблений метод та його програмну реалізацію було використано для оцінювання ризику затримки виконання ІТ-проєкту розробки ІС «Розумний будинок». Результати оцінювання визначають очікувану тривалість цього ІТ-проєкту у 234,5 дні з діапазоном відхилень 226–244 днів (при 95 % довірчому інтервалі). Результати порівняльного аналізу отриманих оцінок із оцінками цього ж ризику, отриманими із застосуванням традиційного методу Монте-Карло, свідчать, що розроблений метод забезпечує вищу надійність прогнозів.

Використання результатів дослідження дозволяє підвищити якість управління ІТ-проєктами за рахунок підвищення точності та надійності оцінок їхніх ризиків.

Ключові слова: розумний будинок, ІТ-проєкт, оцінювання ризиків, метод Монте-Карло, Support Vector Machine, байєсівська мережа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.321273

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ІЄРАРХІЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДЛЯ ТОВАРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ: PENALIZED INFORMATION GAIN ІЗ УРАХУВАННЯМ ДИНАМІЧНИХ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ (с. 17–27)**О. О. Нарушинська, М. В. Арзубов, В. М. Теслюк**

Об'єктом дослідження є процес побудови ієрархічних класифікаторів для текстових даних з визначеною таксономією. Проблема, що вирішується, полягає у мінімізації каскадних помилок та підвищенні узгодженості класифікації на всіх рівнях ієрархії. У ході дослідження було розроблено модель, яка базується на використанні критерію Penalized Information Gain (PIG) із динамічно змінними ваговими коефіцієнтами.

Розроблено модель для ієрархічної класифікації текстових даних, що спрямована на покращення точності класифікації та збереження структурної логіки даних у багаторівневій таксономії.

Синтезовано дані з багаторівневою таксономією, що відповідають вимогам класифікації та використовуються для навчання і тестування класифікаторів. Порівняно продуктивність локальних та глобальних моделей ієрархічної класифікації та традиційного класифікатора, що не враховує таксономічні зв'язки між класами. Отримані результати демонструють, що використання вагових коефіцієнтів на основі рівнів ієрархії дає змогу більш ефективно відображати таксономічні залежності, що має важливе значення для збереження цілісності даних і підвищення якості класифікації на різних рівнях. F1-міра на рівнях класів і підкласів зросла на 7 %, що підтверджується даними експериментальних досліджень.

Особливістю та відмінною рисою розробленої моделі є інтеграція динамічних ваг у критерій розділення, що дало змогу врахувати ієрархічні залежності між класами та мінімізувати каскадні помилки, які характерні для традиційних підходів.

Сфера практичного застосування охоплює системи управління товарами в електронній комерції, аналітику текстових даних у ресторанному бізнесі та автоматизовані системи класифікації з багаторівневими структурами.

Ключові слова: ієрархічна класифікація, глобальна і локальна модель, каскадні помилки, вагові коефіцієнти, таксономія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322428

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ПРОФЕСІЇ ПІДЛІТКАМИ (с. 28–36)**М. О. Поляков, Б. М. Єременко, Н. І. Полтораченко, Ю. В. Рябчун**

Об'єкт дослідження – процес формування рекомендаційного висновку щодо вибору професії підлітком за оцінками результатів виконання завдань комп'ютерної багаторівневої професійно-орієнтованої гри. Проблема, що вирішується, – гейміфікація професійного самоототожнення підлітків. Для формування рекомендаційного висновку в реальному часі запропоновано використовувати багатошаровий перцептрон з двома послідовними прихованими шарами з 32 і 16 вузлів. Задачу формування висновку сформульовано як задачу класифікації результату виконання гри за даними щодо міри інтересу, готовності до навчання, часу і кількості спроб проходження усіх рівнів. Дизайн запропонованої нейромережі дозволяє інтегрувати її з різними іграми і розширювати навчальний набір даних. Комбінація «час» і «кількість спроб» проходження рівня забезпечує точність і ефективність тренувального процесу нейромережі та надає можливість нівелювати проблему оцінки при вгадуванні правильної стратегії за рахунок швидкого використання великої кількості спроб. Адекватність вибору гри відповідно кадровим кваліфікаційним вимогам до профіля фахівця і оцінка готовності підлітка до набуття відповідних компетенцій гарантується експертами. Оцінки здібностей формуються з співвідношень параметрів взаємодії з грою користувача і фахівця. Результати виконання завдань фахівцем вважаються еталонними і використовуються для нормалізації даних, на основі яких формується рекомендаційний висновок. Практичне значення роботи вбачається в наданні широкому колу користувачів

цікавих засобів підтримки рішення на основі професійно-орієнтованих ігор. Модель нейромережі може бути впроваджена в процес профорієнтації за умови збільшення навчальної вибірки і застосування деякий час в тестовому режимі для донавчання.

Ключові слова: багатошаровий перцептрон, гейміфікація кар'єрного консультування, електронна оцінка в реальному часі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322316

ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ ЩОДО ПЛАНУВАННЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО РАЦІОНУ ХАРЧУВАННЯ (с. 37–47)

В. І. Ладижець, С. А. Теренчук, І. О. Азнаурян, А. А. Махия

Об'єктом дослідження є процес формування персоналізованого меню інтелектуальною системою планування збалансованого раціону харчування. Предметом дослідження є рекомендаційні системи, що використовуються для генерації меню сніданків, обідів, перекусів і вечерів. Проблема, що вирішується, полягає у вдосконаленні систем планування збалансованого раціону харчування в напрямку покращення ефективності рекомендаційних систем генерації меню різних категорій прийому їжі. Запропоновано для формування меню сніданків, обідів, перекусів і вечерів використовувати окремі системи рекомендацій, робота яких заснована на моделях штучного інтелекту. Вибір моделей-претендентів для систем рекомендацій меню зроблено на основі порівняльного аналізу моделей штучного інтелекту, в основу яких покладено підходи матричної факторизації, дерев прийняття рішень і глибинного навчання. Висновок щодо ефективності систем рекомендацій на основі моделей широкого і глибокого навчання, сингулярного розкладання матриці, градієнтного бустингу дерев рішень зроблено на основі результатів експерименту. Доцільність вибору моделі сингулярного розкладання матриці для генерації меню сніданків та моделі широкого і глибокого навчання для генерації меню перекусів, обідів і вечерів оцінюється значеннями Precision@K. Модель сингулярного розкладання матриці показала найбільше Precision@K для сніданку, а саме 0,942. В той час, як модель широкого та глибокого навчання показала найбільше Precision@K для обіду, перекусу та вечері: 0,961, 0,977 і 0,951, відповідно. На практиці ці результати можуть бути використані для розробки високоефективних персоналізованих сервісів планування харчування в мобільних додатках і онлайн-платформах.

Ключові слова: глибинне навчання, дерево рішень, ефективність, матрична факторизація, система рекомендацій.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322991

РОЗРОБКА МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ПРО НАЙКОРОТШИЙ МАРШРУТ З НЕЧІТКИМИ ВИХІДНИМИ ДАНИМИ (с. 48–56)

О. І. Матвієнко, О. О. Мірошніченко

Об'єктом дослідження є оптимізація маршрутів автомобільних вантажоперевезень в умовах воєнного стану або надзвичайних ситуацій. У роботі вирішувалася проблема розробки моделі та методу розв'язання багатокритеріальної задачі про найкоротший маршрут з урахуванням нечіткості вихідних даних та множинності критеріїв оптимізації. Вихідними даними є довжини комунікацій, рівень їх безпеки та якість дорожнього покриття, представлені елементами нечітких множин з відповідними функціями приналежності, та граф дорожньої мережі. Введення системи правил, за якими обирається оптимальна за трьома критеріями комунікація, дозволило сформулювати узагальнений нечіткий критерій оптимізації для ребер графу, представлений функцією приналежності нечіткої мети. Цей критерій використовується як вага ребер в розробленому методі розв'язання поставленої задачі і дозволяє одночасно врахувати нечіткість вихідних даних та кілька критеріїв оптимізації. Метод розв'язання задачі базується на модифікованому алгоритмі Дейкстри. Для обробки нечітких даних використовується нечітке логічне виведення для формування узагальненого критерію оптимізації та підхід Беллмана-Заде для задачі оптимізації. Результатами розв'язання задачі є оптимальний маршрут, його довжина, рівень безпеки та якості дорожнього покриття. Для розглянутої дорожньої мережі довжина оптимального маршруту (41 км) не є найменшою, порівняно з іншими методами (від 19 км до 50 км), але рівень безпеки маршруту високий (0,75). Це обумовлено значеннями вагових коефіцієнтів критеріїв оптимізації. Застосування цього методу для оптимізації маршрутів вантажних перевезень в умовах воєнного стану дозволить підвищити ефективність та надійність транспортних систем в умовах невизначеності.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація, оптимальний маршрут, нечіткі дані, функція приналежності, нечіткий критерій.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.319733

МАСШТАБОВАНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОБЛЕМИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ОБМЕЖЕННЯМИ В ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОЛОНІЇ МУРАХ НА ОСНОВІ ЕВРИСТИКИ (с. 57–65)

Imam Muslem R, Mahyuddin K. M. Nasution, Sutarman, Suherman

У цьому дослідженні розглядається проблема маршрутизації ємного транспортного засобу з прийомом і доставкою (CVRPPD), яка є основною проблемою міської логістики, яка передбачає оптимізацію маршрутів транспортних засобів за динамічних обмежень. Традиційні алгоритми здебільшого зосереджуються на статичних змінних, таких як відстань, не враховуючи чинники реального світу, такі як затори, несприятлива погода та обмеження місткості транспортних засобів. Щоб вирішити цю проблему, був розроблений алгоритм адаптивної евристичної оптимізації мурашиної колонії (АЕА-ОМК), який включає ці динамічні обмеження в процес оптимізації маршрутизації. Алгоритм АЕА-ОМК мінімізує загальні витрати на подорож, забезпечуючи дотримання обмежень щодо місткості транспортного засобу та покращуючи безпеку маршруту. Тести моделювання проводилися на наборах даних із 50, 100 і 200 клієнтами, щоб оцінити продуктивність на різних рівнях складності. Результати демонструють, що АЕА-ОМК перевершує традиційний ОМК, особливо в динамічних сценаріях, досягаючи загальної вартості 4155,82 із часом виконання 1639,68 секунди для набору даних із 200 клієнтів. Адаптивна евристична формула алгоритму об'єднує відстань, затори та погодні умови, що дозволяє створювати безпечніші та реалістичніші маршрути. Ці результати пояснюються здатністю алгоритму динамічно адаптуватися до обмежень, забезпечуючи надійну роботу в складних середовищах. Отримані дані підкреслюють практичну застосовність АЕА-ОМК в міській логістиці, пропонуючи масштабованість і адаптивність для реальних завдань доставки та самовивозу, особливо в районах, на які впливають коливання трафіку та погодні умови.

Ключові слова: адаптивна евристична оптимізація мурашиної колонії, проблема маршрутизації ємних транспортних засобів, динамічні обмеження, затори, несприятлива погода, міська логістика.