

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210013

DETAILING EXPLANATIONS IN THE RECOMMENDER SYSTEM BASED ON MATCHING TEMPORAL KNOWLEDGE (p. 6–13)**Serhii Chalyi**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9982-9091>**Volodymyr Leshchynskyi**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8690-5702>**Iryna Leshchynska**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8737-4595>

The problem of matching knowledge in the temporal aspect when constructing explanations for recommendations is considered. Matching allows reducing the influence of conflicting knowledge on the explanation in a recommender system.

A model of knowledge representation in the form of a temporal rule with the explanation constraint is proposed. The temporal rule sets the order for two sets of events of the same type that occurred at two different time intervals in time. An explanation constraint establishes a correspondence between the temporal order represented by the rule for a pair of intervals and the description of temporal dynamics for a given time period. This dynamic is represented by the explanation of the recommendation. The model is designed to match knowledge, taking into account the explanation constraint, as well as further use the matched knowledge to clarify explanations based on the results of the intelligent system.

A method for clarifying explanations in a recommender system based on knowledge matching in the form of temporal rules is developed. The method uses records of purchases of goods, services or their ratings as input data. The method identifies a subset of rules matched in the temporal aspect, which represent the same dynamics of consumer demand for the target item (increase or decrease) as explanations in the recommender system. Matching of temporal knowledge makes it possible to form a refined list of explanations. This list includes basic and clarifying explanations. The basic explanation reflects the dynamics of user interests for the entire given period of time. Clarifying explanation specifies changes in demand for individual intervals within a given time period. The use of the temporal dynamics of user preferences in the explanation is aimed at increasing confidence in the received recommendations.

Keywords: recommender system, explanation of recommendations, temporal rules, knowledge matching.

References

- Izquierdo-Castillo, J. (2015). El nuevo negocio mediático liderado por Netflix: estudio del modelo y proyección en el mercado español. *El Profesional de La Información*, 24 (6), 819–826. doi: <https://doi.org/10.3145/epi.2015.nov.14>
- Gambhir, S. (2019). Challenges Facing E-Commerce: A Case Study of Amazon vs Snapdeal. *International Journal of Computer Trends & Technology*, 67 (07), 19–25. doi: <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v67i7p104>
- Al Fararni, K., Aghoutane, B., Riffi, J., Sabri, A., Yahyaouy, A. (2020). Comparative Study on Approaches of Recommendation Systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 753–764. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0947-6_72
- Chala, O., Novikova, L., Chernyshova, L. (2019). Method for detecting shilling attacks in e-commerce systems using weighted temporal rules. *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, 29–36. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00983>
- Chalyi, S., Leshchynskyi, V., Leshchynska, I. (2019). Method of forming recommendations using temporal constraints in a situation of cyclic cold start of the recommender system. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 34–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00952>
- Lops, P., Jannach, D., Musto, C., Bogers, T., Koolen, M. (2019). Trends in content-based recommendation. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 29 (2), 239–249. doi: <https://doi.org/10.1007/s11257-019-09231-w>
- Tsai, C.-H., Brusilovsky, P. (2019). Explaining recommendations in an interactive hybrid social recommender. *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces*. doi: <https://doi.org/10.1145/3301275.3302318>
- Dominguez, V., Messina, P., Donoso-Guzmán, I., Parra, D. (2019). The effect of explanations and algorithmic accuracy on visual recommender systems of artistic images. *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces*. doi: <https://doi.org/10.1145/3301275.3302274>
- Thagard, P. (2018). Computational Models in Science and Philosophy. *Introduction to Formal Philosophy*, 457–467. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77434-3_24
- Rana, C., Jain, S. K. (2012). A study of the dynamic features of recommender systems. *Artificial Intelligence Review*, 43 (1), 141–153. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-012-9359-6>
- Zhou, X., Sun, Z., Guo, G., Liu, Y. (2020). Modelling Temporal Dynamics and Repeated Behaviors for Recommendation. *Lecture Notes in Computer Science*, 181–193. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-47426-3_15
- Liu, D.-R., Chen, K.-Y., Chou, Y.-C., Lee, J.-H. (2018). Online recommendations based on dynamic adjustment of recommendation lists. *Knowledge-Based Systems*, 161, 375–389. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.07.038>
- Wang, C., Zhang, M., Ma, W., Liu, Y., Ma, S. (2019). Modeling Item-Specific Temporal Dynamics of Repeat Consumption for Recommender Systems. *The World Wide Web Conference on - WWW '19*. doi: <https://doi.org/10.1145/3308558.3313594>
- Raza, S., Ding, C. (2019). Progress in context-aware recommender systems – An overview. *Computer Science Review*, 31, 84–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2019.01.001>
- Zheng, N., Li, Q. (2011). A recommender system based on tag and time information for social tagging systems. *Expert Systems with Applications*, 38 (4), 4575–4587. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.131>
- De Borba, E. J., Gasparini, I., Lichtnow, D. (2017). Time-Aware Recommender Systems: A Systematic Mapping. *Human-Com-*

- puter Interaction. *Interaction Contexts*, 464–479. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58077-7_38
17. Quadrana, M., Cremonesi, P., Jannach, D. (2018). Sequence-Aware Recommender Systems. *ACM Computing Surveys*, 51 (4), 1–36. doi: <https://doi.org/10.1145/3190616>
 18. Jannach, D., Ludewig, M., Lerche, L. (2017). Session-based item recommendation in e-commerce: on short-term intents, reminders, trends and discounts. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27 (3-5), 351–392. doi: <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9194-1>
 19. Gomez-Urbe, C. A., Hunt, N. (2016). The Netflix Recommender System. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 6 (4), 1–19. doi: <https://doi.org/10.1145/2843948>
 20. Della Penna, G., Orefice, S. (2018). Qualitative representation of spatio-temporal knowledge. *Journal of Visual Languages & Computing*, 49, 1–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2018.10.002>
 21. Levykin, V., Chala, O. (2018). Development of a method for the probabilistic inference of sequences of a business process activities to support the business process management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (95)), 16–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142664>
 22. Levykin, V., Chala, O. (2018). Method of determining weights of temporal rules in Markov logic network for building knowledge base in information control systems. *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, 3–10. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00713>
 23. Thagard, P. (2004). Causal inference in legal decision making: explanatory coherence vs. Bayesian networks. *Applied Artificial Intelligence*, 18 (3-4), 231–249. doi: <https://doi.org/10.1080/08839510490279861>
 24. Miller, T. (2019). Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. *Artificial Intelligence*, 267, 1–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.artint.2018.07.007>
 25. Vreeswijk, G. (2016). Extensions and modifications to explanatory coherence. *Law, Probability and Risk*, 15 (3), 199–221. doi: <https://doi.org/10.1093/lpr/mgw005>
 26. Chalyi, S., Leshchynskiy, V. (2020). Method of constructing explanations for recommender systems based on the temporal dynamics of user preferences. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 43–50. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001228>
 27. Chalyi, S., Pribylnova, I. (2019). The method of constructing recommendations online on the temporal dynamics of user interests using multilayer graph. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 13–19. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00894>
 28. Baral, R., Zhu, X., Iyengar, S. S., Li, T. (2018). ReEL: Review Aware Explanation of Location Recommendation. *Proceedings of the 26th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '18)*, 23–32. doi: <https://doi.org/10.1145/3209219.3209237>
 29. Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., Bogatov, I. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (104)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198527>
 30. Bodyanskiy, Y., Kulishova, N., Chala, O. (2018). The Extended Multidimensional Neo-Fuzzy System and Its Fast Learning in Pattern Recognition Tasks. *Data*, 3 (4), 63. doi: <https://doi.org/10.3390/data3040063>
 31. Zajac, Z. (2017). Goodbooks-10k: a new dataset for book recommendations. *FastML*. Available at: <http://fastml.com/goodbooks-10k>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209047
DEVELOPING A MODEL OF THE DYNAMICS OF STATES OF A RECOMMENDATION SYSTEM UNDER CONDITIONS OF PROFILE INJECTION ATTACKS (p. 14–24)

Yelyzaveta Meleshko

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8791-0063>

Oleksandr Drieiev

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6951-2002>

Mykola Yakymenko

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3290-6088>

Dmytro Lysytsia

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1778-4676>

The recommendation systems used to form a news feed in social networks or to create recommendation lists on content websites or Internet stores are often exposed to information profile injection attacks. These attacks are aimed at changing ratings, and thus at changing the frequency of appearing in recommendations, certain objects of a system. This can lead to threats to users' information security and losses of the system owners. There are methods to detect attacks in recommendation systems, but they require permanent repetitive checks of all users' profiles, which is a rather resource-intensive operation. At the same time, these methods do not contain any proposals as for determining the optimal frequency of attack checks. However, a properly chosen frequency of such checks will not overload a system too much and, at the same time, will provide an adequate level of its operational security.

A mathematical model of the dynamics of states of a recommendation system under conditions of an information attack with the use of the mathematical apparatus of Markovian and semi-Markovian processes was developed. The developed model makes it possible to study the influence of profile injection attacks on recommendation systems, in particular, on their operation efficiency and amount of costs to ensure their information security. The practical application of the developed model enables calculating for recommendation systems the optimum frequency of information attack check, taking into consideration the damage from such attacks and costs of permanent inspections.

Based on the developed mathematical model, the method for determining total costs of a recommendation system as a result of monitoring its own information security, neutralization of bot-networks activity and as a result of information attacks was proposed.

A method for determining the optimal frequency of checking a recommendation system for information attacks to optimize the overall costs of a system was developed. The application of this method will enable the owners of websites with recommendation systems to minimize their financial costs to provide their information security.

Keywords: recommendation system, information security, bot-network, Markovian processes, semi-Markovian processes.

References

1. Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, P. B. (Eds.) (2011). *Recommender Systems Handbook*. Springer, 842. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3>
2. Valois, C., Armada, M. (2011). Recommender Systems In Social Networks. *JISTEM Journal of Information Systems and Technology Management*, 8 (3), 681–716. doi: <https://doi.org/10.4301/s1807-17752011000300009>
3. Social networking and recommendation systems. Available at: <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse140/13wi/homework/hw4/homework4.html>
4. He, J., Chu, W. W. (2010). A Social Network-Based Recommender System (SNRS). *Annals of Information Systems*, 47–74. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6287-4_4
5. Kurban, A. (2016). Researches of modern information wars in on-line social networks. *Informatsiyne suspilstvo*, 23, 85–90. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/is_2016_23_15
6. Ulichev, O. S., Meleshko, Y. V., Sawicki, D., Smailova, S. (2019). Computer modeling of dissemination of informational influences in social networks with different strategies of information distributors. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2536480>
7. Lam, S. K., Riedl, J. (2004). Shilling recommender systems for fun and profit. *Proceedings of the 13th Conference on World Wide Web - WWW '04*. doi: <https://doi.org/10.1145/988672.988726>
8. O'Mahony, M. P., Hurley, N. J., Silvestre, G. C. M. (2002). Promoting Recommendations: An Attack on Collaborative Filtering. *Database and Expert Systems Applications*, 494–503. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-46146-9_49
9. Kumari, T., Bedi, P. (2017). A Comprehensive Study of Shilling Attacks in Recommender Systems. *International Journal of Computer Science Issues*, 14 (4), 44–50. doi: <https://doi.org/10.20943/01201704.4450>
10. Zhou, W., Wen, J., Qu, Q., Zeng, J., Cheng, T. (2018). Shilling attack detection for recommender systems based on credibility of group users and rating time series. *PLOS ONE*, 13 (5), e0196533. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196533>
11. Chirita, P.-A., Nejdil, W., Zamfir, C. (2005). Preventing shilling attacks in online recommender systems. *Proceedings of the Seventh ACM International Workshop on Web Information and Data Management - WIDM '05*. doi: <https://doi.org/10.1145/1097047.1097061>
12. Zhou, W., Wen, J., Koh, Y. S., Alam, S., Dobbie, G. (2014). Attack detection in recommender systems based on target item analysis. *2014 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. doi: <https://doi.org/10.1109/ijcnn.2014.6889419>
13. Williams, C. A., Mobasher, B., Burke, R. (2007). Defending recommender systems: detection of profile injection attacks. *Service Oriented Computing and Applications*, 1 (3), 157–170. doi: <https://doi.org/10.1007/s11761-007-0013-0>
14. Mobasher, B., Burke, R., Bhaumik, R., Williams, C. (2007). Toward trustworthy recommender systems. *ACM Transactions on Internet Technology*, 7 (4), 23. doi: <https://doi.org/10.1145/1278366.1278372>
15. Mobasher, B., Burke, R., Bhaumik, R., Williams, C. (2005). Effective attack models for shilling item-based collaborative filtering systems. In *Proceedings of the WebKDD Workshop*.
16. Kaur, P., Goel, S. (2016). Shilling attack models in recommender system. *2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/inventive.2016.7824865>
17. Gunes, I., Kaleli, C., Bilge, A., Polat, H. (2012). Shilling attacks against recommender systems: a comprehensive survey. *Artificial Intelligence Review*, 42 (4), 767–799. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-012-9364-9>
18. Mohammed, A. S., Meleshko, Y., Balaji B. S., Serhii, S. (2019). Collaborative Filtering Method with the use of Production Rules. *2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccike47802.2019.9004257>
19. Su, X., Khoshgoftaar, T. M. (2009). A Survey of Collaborative Filtering Techniques. *Advances in Artificial Intelligence*, 2009, 1–19. doi: <https://doi.org/10.1155/2009/421425>
20. Jones, M. (2013). Recommender systems, Part 1. Introduction to approaches and algorithms. Learn about the concepts that underlie web recommendation engines. IBM. Available at: <https://www.ibm.com/developerworks/opensource/library/os-recommender1/os-recommender1-pdf.pdf>
21. Jia, Y., Zhang, C., Lu, Q., Wang, P. (2014). Users' brands preference based on SVD++ in recommender systems. *2014 IEEE Workshop on Advanced Research and Technology in Industry Applications (WARTIA)*. doi: <https://doi.org/10.1109/wartia.2014.6976489>
22. Çano, E., Morisio, M. (2017). Hybrid recommender systems: A systematic literature review. *Intelligent Data Analysis*, 21 (6), 1487–1524. doi: <https://doi.org/10.3233/ida-163209>
23. Koren, Y. (2009). Collaborative filtering with temporal dynamics. *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD '09*. doi: <https://doi.org/10.1145/1557019.1557072>
24. Meleshko, Y., Raskin, L., Semenov, S., Sira, O. (2019). Methodology of probabilistic analysis of state dynamics of multidimensional semiMarkov dynamic systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184637>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.203866
DEVELOPMENT OF A DOCUMENT CLASSIFICATION METHOD BY USING GEODESIC DISTANCE TO CALCULATE SIMILARITY OF DOCUMENTS (p. 25–32)

Vo Trung Hung

University of Technology and Education

University of Danang, Danang, Vietnam

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4473-4458>

Currently, the Internet has given people the opportunity to access to human knowledge quickly and conveniently through various channels such as Web pages, social networks, digital libraries, portals. However, with the process of exchanging and updating information quickly, the volume of information stored (in the form of digital documents) is increasing rapidly. Therefore, we are facing challenges in representing, storing, sorting and classifying documents.

In this paper, we present a new approach to text classification. This approach is based on semi-supervised machine learning and Support Vector Machine (SVM). The new point of the study is that instead of calculating the distance between the vectors by Euclidean distance, we use geodesic distance. To do this, the text must first be expressed as an n -dimensional vector. In the n -dimensional vector space, each vector is represented by one point; use geodesic distance to calculate the distance from a point to nearby points and connect into a graph. The classification is based on calculating the shortest path between vertices on the graph through a kernel function. We conducted experiments on articles taken from Reuters on 5 different topics. To evaluate the proposed method, we tested the SVM method with the traditional calculation based on Euclidean distance and the

method we proposed based on geodesic distance. The experiment was performed on the same data set of 5 topics: Business, Markets, World, Politics, and Technology. The results showed that the correct classification rate is better than the traditional SVM method based on Euclidean distance (average of 3.2 %).

Keywords: text classification, machine learning, geodesic distance, euclidian distance, SVM, NLP, kernel function.

References

- Hartmann, J., Huppertz, J., Schamp, C., Heitmann, M. (2019). Comparing automated text classification methods. *International Journal of Research in Marketing*, 36 (1), 20–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2018.09.009>
- Kadhim, A. I. (2019). Survey on supervised machine learning techniques for automatic text classification. *Artificial Intelligence Review*, 52 (1), 273–292. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-018-09677-1>
- Vapnik, V. N. (2013). *The nature of statistical learning theory*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3264-1>
- Pratama, B. Y., Sarno, R. (2015). Personality classification based on Twitter text using Naive Bayes, KNN and SVM. 2015 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE). doi: <https://doi.org/10.1109/icodse.2015.7436992>
- Shah, F. P., Patel, V. (2016). A review on feature selection and feature extraction for text classification. 2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET). doi: <https://doi.org/10.1109/wispnet.2016.7566545>
- Chatterjee, S., George Jose, P., Datta, D. (2019). Text Classification Using SVM Enhanced by Multithreading and CUDA. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 11 (1), 11–23. doi: <https://doi.org/10.5815/ijmees.2019.01.02>
- Sarkar, A., Chatterjee, S., Das, W., Datta, D. (2015). Text Classification using Support Vector Machine. *International Journal of Engineering Science Invention*, 4 (11), 33–37.
- Cervantes, J., García Lamont, F., López-Chau, A., Rodríguez Mazahua, L., Sergio Ruíz, J. (2015). Data selection based on decision tree for SVM classification on large data sets. *Applied Soft Computing*, 37, 787–798. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.08.048>
- Cheng, F., Yang, K., Zhang, L. (2015). A Structural SVM Based Approach for Binary Classification under Class Imbalance. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/269856>
- Dai, H. (2018). Research on SVM improved algorithm for large data classification. 2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA). doi: <https://doi.org/10.1109/icbda.2018.8367673>
- M. Ikonomakis, S. Kotsiantis, V. Tampakas (2005), Text Classification Using Machine Learning Techniques. *WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS*, 8 (4), 966–974. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?sessionid=5F958D32F2F130AD5E61A077BA5D823A?doi=10.1.1.95.9153&rep=rep1&type=pdf>
- Joachims, T. (2012). *Learning to Classify Text Using Support Vector Machines*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0907-3>
- Kowsari, K., Meimandi, K. J., Heidarysafa, M., Mendu, S., Barnes, L., Brown, D. (2019). Text Classification Algorithms: A Survey. *Information*, 10 (4), 150. doi: <https://doi.org/10.3390/info10040150>
- Heylen, R., Scheunders, P. (2012). Calculation of Geodesic Distances in Nonlinear Mixing Models: Application to the Generalized Bilinear Model. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 9 (4), 644–648. doi: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2011.2177241>
- González-Castro, V., Fernández-Robles, L., García-Ordás, M. T., Alegre, E., García-Olalla, O. (2012). Adaptive pattern spectrum image description using Euclidean and Geodesic distance without training for texture classification. *IET Computer Vision*, 6 (6), 581–589. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-cvi.2012.0098>
- Smys, S., Bestak, R., Rocha, Á. (Eds.) (2020). *Inventive Computation Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33846-6>
- Even, S. (2011). *Graph Algorithms*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139015165>
- Aggarwal, A., Chandra, A. K., Snir, M. (1990). Communication complexity of PRAMs. *Theoretical Computer Science*, 71 (1), 3–28. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-3975\(90\)90188-n](https://doi.org/10.1016/0304-3975(90)90188-n)
- Fazakis, N., Karlos, S., Kotsiantis, S., Sgarbas, K. (2016). Self-Trained LMT for Semisupervised Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/3057481>
- Feil, B., Abonyi, J. (2007). Geodesic Distance Based Fuzzy Clustering. *Soft Computing in Industrial Applications*, 50–59. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-70706-6_5
- Souvenir, R., Pless, R. (2005). Manifold clustering. *Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05) Vol. 1*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccv.2005.149>
- Wu, Y., Chan, K. L. (2004). An extended Isomap algorithm for learning multi-class manifold. *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 6, 3429–3433. doi: <https://doi.org/10.1109/icmlc.2004.1380379>
- Yong, Q., Jie, Y. (2004). Modified Kernel Functions by Geodesic Distance. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2004 (16). doi: <https://doi.org/10.1155/s111086570440314x>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208603

DEVELOPMENT OF A PROCEDURE FOR EXPERT ESTIMATION OF CAPABILITIES IN DEFENSE PLANNING UNDER MULTICRITERIAL CONDITIONS (p. 33–43)

Oleksandr Nesterenko

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5329-889X>

Igor Netesin

Ukrainian Scientific Center for Development of Information Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1236-287X>

Valery Polischuk

Ukrainian Scientific Center for Development of Information Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6991-0617>

Oleksandr Trofymchuk

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3358-6274>

Improving the decision-making efficiency in defense planning based on the capabilities of military forces and means for performing purposeful tasks requires new methodological approaches and their implementation in the form of software information-analytical tools. Given the complex information environment of defense planning, it is appropriate for the variants of capabilities development options to be chosen by experts on the methodological basis of multicriterial analysis.

The research result is the development of a procedure, in which it is proposed to generate criteria and evaluate alternative options by integrating ontology, the Analytical Hierarchy Process, and the

method of directed graphs. The ontological representation of the data ensures the construction of the hierarchical taxonomy of a domain and the formation of the criteria vector. The Analytical Hierarchy Process is used to conduct an expert evaluation of capabilities by their pairwise comparison against determined criteria. Experts' judgments are visualized and controlled using directed graphs. Application of the procedure will make it possible to ensure efficiency, versatility, and simplicity of technical implementation of a procedure of decision making support. The procedure was tested on the example of choosing a capability to conduct reconnaissance for the benefit of ground artillery. It was shown that the evaluation process in the expert activity is considerably simplified due to the graph visualization.

The proposed procedure introduces an innovative tool to achieve strategic goals and accomplish the basic tasks of the defense reform, which is relevant for many countries. The versatility of the procedure creates the basis for its application not only in defense but also in other force departments.

Keywords: information technologies, multicriterial analysis, ontology, analytical hierarchy process, directed graphs, capabilities, defense planning.

References

- Ustymenko, O. V., Bilyk, V. I. (2018). Planning for the development of the capabilities of the Ukrainian defense forces to counter the threats during the hybrid war. *Visnyk NADU pry Prezydentovi Ukrainy (Seriya "Derzhavne upravlinnia")*, 2, 48–52. Available at: <http://visnyk.academy.gov.ua/pages/dop/79/files/26ce167b-d55b-468e-bc9f-c6ec018615af.pdf>
- Rusnak, I. S., Petrenko, A. H., Yakovenko, A. V., Romaniuk, I. M., Kokhno, V. D. (2017). Oboronne planuvannia na osnovi spromozhnosti: osoblyvosti ta perspektyvy vprovadzhenia. *Nauka i oborona*, 2, 3–10.
- De Spiegeleire, S. (2011). Ten Trends in Capability Planning for Defence and Security. *The RUSI Journal*, 156 (5), 20–28. doi: <https://doi.org/10.1080/03071847.2011.626270>
- Davis, P. K. (2002). Analytic Architecture for CapabilitiesBased Planning, Mission-System Analysis and Transformation. National Defense Research Institute, Santa Monica, USA.
- Ivashchenko, A., Pavlikovsky, A., Sivoha, I. (2017). Conception of the defensive planning on the basis of development of possibilities: problems of introduction. *Research papers collection of the Center of military and strategic studies*, 1 (59), 53–58. doi: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2017-1-59/53-58>
- Saaty, T. L. (2013). On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. *Notices of the American Mathematical Society*, 60 (02), 192. doi: <https://doi.org/10.1090/noti944>
- Palagin, A. V., Petrenko, N. G. (2007). K voprosu sistemno-ontologicheskoy integratsii znaniy predmetnoy oblasti. *Matematicheskie mashiny i sistemy*, 3-4, 63–75.
- Nesterenko, O., Trofymchuk, O. (2019). Patterns in forming the ontology-based environment of information-analytical activity in administrative management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (101)), 33–42. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180107>
- Vlahavas, L., Bassitiades, N., Sakellariou, I., Molina, M., Ossowski, S., Futo, I. et. al. (2002). ExperNet: an intelligent multiagent system for WAN management. *IEEE Intelligent Systems*, 17 (1), 62–72. doi: <https://doi.org/10.1109/5254.988459>
- Niaraki, A. S., Kim, K. (2009). Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. *Expert Systems with Applications*, 36 (2), 2250–2259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.12.053>
- Xu, F., Liu, X., Chen, W., Zhou, C., Cao, B. (2018). An Ontology and AHP Based Quality Evaluation Approach for Reuse Parts of End-of-Life Construction Machinery. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/3481030>
- El-Dsouky, A. I., Ali, H. A., Rashed, R. S. (2018). Ranking Documents Based on the Semantic Relations Using Analytical Hierarchy Process. *Information Retrieval and Management*, 1841–1859. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5191-1.ch084>
- Groza, A., Dragoste, I., Sincai, I., Jimborean, I., Moraru, V. (2014). An Ontology Selection and Ranking System Based on the Analytic Hierarchy Process. 2014 16th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing. doi: <https://doi.org/10.1109/synasc.2014.47>
- Wasielewska, K., Ganzha, M., Paprzycki, M., Bădică, C., Ivanovic, M., Lirkov, I. (2014). Multicriteria analysis of ontologically represented information. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4902284>
- Liao, Y. X., Rocha Loures, E., Canciglieri, O., Panetto, H. (2014). A Novel Approach for Ontological Representation of Analytic Hierarchy Process. *Advanced Materials Research*, 988, 675–682. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.988.675>
- Lai, C.-M. (2019). Integrating simplified swarm optimization with AHP for solving capacitated military logistic depot location problem. *Applied Soft Computing*, 78, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.016>
- Kovac, M., Stojkovic, D., Mitic, V. (2013). Capability based defence development planning - optimal option selection for capability development. XI Balkan Conference on Operational Research (BALCOR-2013), Conference Paper, 551–558. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/287999099>
- DeStefano, R. J., Tao, L., Gai, K. (2016). Improving Data Governance in Large Organizations through Ontology and Linked Data. 2016 IEEE 3rd International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud). doi: <https://doi.org/10.1109/cscloud.2016.47>
- Rabaey, M., Van Damme, C., Vandenborre, K., Vandijck, E. (2007). Ontology Negotiation in an Intelligent Agents Dynamic System for Military Resources and Capabilities Planning. IRMA International Conference. Available at: https://www.researchgate.net/publication/305490801_Ontology_Negotiation_in_an_Intelligent_Agents_Dynamic_System_for_Military_Resources_and_Capabilities_Planning
- Nesterenko, O. V. (2019). Ontologically-driven information systems in the administrative management. *Mathematical modeling in economy*, 15 (2), 57–68. Available at: <https://www.mmejournal.in.ua/index.php/mmejournal/article/view/66/66>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210523

STUDY OF GRAPHICS LIBRARIES RELATED TO THE PROBLEM OF VISUALIZATION OF ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY IMAGES (p. 44–54)

Andrey Katsupeev

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
“Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)”,
Novocherkassk, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7021-4114>

Grayr Aleksanyan

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
“Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)”,
Novocherkassk, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9611-6275>

Ellina Kombarova

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
“Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)”,
Novocherkassk, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7349-8132>

Roman Polyakov

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
“Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)”,
Novocherkassk, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3182-1165>

The structure of the software for electric impedance tomography has been presented. This structure of application construction makes it possible to carry out the real-time EIT research and can be implemented on medical and technical devices, in particular, integrated into AVL devices.

The algorithm for visualization of the results of conductivity field reconstruction was presented. Within this algorithm, there are two approaches to presenting color models and selecting colors for each particular finite element. The choice of one of these approaches depends on the needs of the study and leads either to faster performance, or to the higher quality of an image.

The algorithm of neighboring finite elements, allowing reducing the time consumed to visualize the model by uniting neighboring elements with a similar color in one polygon, has been proposed. Reducing the number of finite elements leads to a higher speed of their output on the screen.

A list of graphics libraries that can be used for the problems of visualization of the results of electric impedance tomography was presented. As a result of the research, it was found that among the analyzed libraries, the best time is demonstrated by the OpenGL library, which ensures the visualization of 0.02 s faster than in the case of the analogs. This is due to the high operation speed, which is provided by the implementation of the GPU visualization.

It was shown that the use of the proposed algorithm of neighboring finite elements actually allows reducing the time spent on displaying the model on the screen from 0.05 s to 0.03 s for the OpenGL library. At the same time, the total time spent on visualization depends on the used graphics library.

The obtained data can be used in the development of medical visualization systems, which should meet increased requirements in terms of the amount of displayed information.

Keywords: electric impedance tomography, software, image reconstruction, medical visualization, graphics libraries.

References

- Pekker, Ya. S., Brazovskiy, K. S., Usov, V. N. (2004). *Elektroimpedantnaya tomografiya*. Tomsk: NTL, 192.
- Draeger medical. Technical Data for PulmoVista 500 (2011).
- Joldes, G., Bourantas, G., Zwick, B., Chowdhury, H., Wittek, A., Agrawal, S. et. al. (2019). Suite of meshless algorithms for accurate computation of soft tissue deformation for surgical simulation. *Medical Image Analysis*, 56, 152–171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2019.06.004>
- Brown, A. C., Armstrong, G. S. J., Benda, J., Clarke, D. D. A., Wragg, J., Hamilton, K. R. et. al. (2020). RMT: R-matrix with time-dependence. Solving the semi-relativistic, time-dependent Schrödinger equation for general, multielectron atoms and molecules in intense, ultrashort, arbitrarily polarized laser pulses. *Computer Physics Communications*, 250, 107062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2019.107062>
- Nikolić, D., Milošević, Ž., Saveljić, I., Filipović, N. (2016). Development of the software tool for generation and visualization of the finite element head model with bone conduction sounds. *AIP Conference Proceedings*, 1703. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4939372>
- Farhang, S., Foruzan, A. H., Chen, Y.-W. (2016). A real-time stable volumetric Mass-Spring Model based on a multi-scale mesh representation. 2016 23rd Iranian Conference on Biomedical Engineering and 2016 1st International Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME). doi: <https://doi.org/10.1109/icbme.2016.7890950>
- Zhao, J., Guoqiang, Y., Hui, L. (2017). Optimization of 3D Reconstruction Technique for CT Image and Analysis of the Derived Model. 22017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC). doi: <https://doi.org/10.1109/cse-euc.2017.176>
- Otani, N., Dang, D., Beam, C., Mohammadi, F., Wentz, B., M Kamrul Hasan, S. et. al. (2019). Toward Quantification and Visualization of Active Stress Waves for Myocardial Biomechanical Function Assessment. 2019 Computing in Cardiology Conference (CinC). doi: <https://doi.org/10.22489/cinc.2019.425>
- Courtecuisse, H., Jiang, Z., Mayeur, O., Witz, J. F., Lecomte-Grosbras, P., Cosson, M. et. al. (2020). Three-dimensional physics-based registration of pelvic system using 2D dynamic magnetic resonance imaging slices. *Strain*, 56 (3). doi: <https://doi.org/10.1111/str.12339>
- Pozrikidis, C. (2007). *Introduction to C++ Programming and Graphics*. Springer, 372. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68993-7>
- Romero, J., Bisson, M., Fatica, M., Bernaschi, M. (2020). High performance implementations of the 2D Ising model on GPUs. *Computer Physics Communications*, 256, 107473. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2020.107473>
- Chotisarn, N., Merino, L., Zheng, X., Lonapalawong, S., Zhang, T., Xu, M., Chen, W. (2020). A systematic literature review of modern software visualization. *Journal of Visualization*, 23 (4), 539–558. doi: <https://doi.org/10.1007/s12650-020-00647-w>
- Dehal, R. S., Munjal, C., Ansari, A. A., Kushwaha, A. S. (2018). GPU Computing Revolution: CUDA. 2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN). doi: <https://doi.org/10.1109/icaccn.2018.8748495>
- Prilozheniya MFC dlya rabochego stola. Available at: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/cpp/mfc/mfc-desktop-applications?view=vs-2019>
- The GTK Project. Available at: <https://www.gtk.org/>
- OpenGL - The Industry Standard for high performance graphics. Available at: <https://www.opengl.org/>
- Windows Forms. Available at: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/winforms/windows-forms-overview>
- Liang, C., Jiang, N., Yu, Y. W. (2011). Optimization and Implementation of the Surface Rendering Algorithm. *Advanced Materials Research*, 341-342, 152–157. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.341-342.152>
- Lu, L., Chen, C., Cheng, W. (2007). Medical image visualization using true 3D display technology. 2007 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering. doi: <https://doi.org/10.1109/iccme.2007.4381873>
- Liu, B., Yang, B., Xu, C., Xia, J., Dai, M., Ji, Z. Et. al. (2018). pyEIT: A python based framework for Electrical Impedance Tomography. *SoftwareX*, 7, 304–308. doi: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2018.09.005>
- EIDORS: Electrical Impedance Tomography and Diffuse Optical Tomography Reconstruction Software. Available at: <http://eidors3d.sourceforge.net>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208467

APPLICATION OF A LOGICAL-PROBABILISTIC METHOD OF FAILURE AND FAULT TREES FOR PREDICTING EMERGENCY SITUATIONS AT PRESSURE HYDRAULIC FACILITIES (THE CASE OF KAKHOVKA HYDROELECTRIC COMPLEX) (p. 55–69)

Dmytro Stefanyshyn

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7620-1613>

Daniel Benatov

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9626-6759>

The problem of forecasting emergency situations at hydraulic facilities of a hydroelectric complex, forming its pressure waterfront, based on the application of a logical-probabilistic approach is considered.

The relevance of the studies and their practical significance are determined by the need to assess the compliance of the safety of hydraulic facilities with international safety standards and current national legislation. Therefore, the reports on the environmental impact assessment of hydraulic facilities should present the results of assessing the additional risk of emergency situations at the hydroelectric complex. This assessment, in turn, requires an analysis of the probability of accidents at the hydroelectric complex before and after new construction.

In the present study, using the example of the Kakhovka hydroelectric complex (Ukraine), the systemic nature of possible causes of accidents at pressure hydraulic facilities as part of hydroelectric complexes is found. An accident at a hydroelectric complex is considered as a complex natural and man-made event, which can be associated with various natural and man-made factors. The total (generalized) probability of an accident at the hydroelectric complex is estimated by the logical-probabilistic method of failure and fault trees based on a deductive approach.

The upper limit estimates of the probability of accidents at individual hydraulic facilities of the hydroelectric complex and the generalized estimate of the probability of an accident at the hydroelectric complex as a whole are calculated. It is found that the probability of an accident depending on the hydraulic facility of the hydroelectric complex can vary. In the case of the Kakhovka hydroelectric complex, it varies from $2.1 \cdot 10^{-6}$, year⁻¹, at the run-of-river earth dam, to $5.6 \cdot 10^{-6}$, year⁻¹, at the spillway dam. The total probability of an accident at the hydroelectric complex is $2.35 \cdot 10^{-5}$ emergency events per year. However, these estimates do not exceed the permissible value of $5 \cdot 10^{-5}$, year⁻¹, which is regulated for hydraulic facilities of the corresponding consequence class. Thus, it is concluded that the current reliability and safety of the hydraulic facilities of the Kakhovka hydroelectric complex can be recognized as sufficient.

Keywords: Kakhovka hydroelectric complex, pressure hydraulic facilities, environmental impact assessment, accident scenario, technological safety.

References

1. Kakhovska HES imeni P.S. Neporozhnoho. Available at: https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska_hes_imeni_p_s_neporozhnoho
2. DBN V.2.4-3:2010. Hidrotekhnichni, enerhetychni ta melioratyvni systemy i sporudy, pidzemni hirnychi vyrobky. Hidrotekhnichni sporudy. Osnovni polozhennia. Available at: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-802>
3. Prohrama rozvytku hidroenerhetyky na period do 2026 roku. Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 lypnia 2016 r. N 552-r. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/552-2016-%D1%80#n7>
4. Stefanyshyn, D. V. (2010). Pro perspektyvy hidroenerhetyky v Ukraini ta vybir variantu rozvytku Dniprovskoho kaskadu z vrakhuvanniam ryzyku. *Hidroenerhetyka Ukrainy*, 3, 5–11. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/38734/02-Stephanishin.pdf?sequence=1>
5. Pro otsinku vplyvu na dovkillia. Zakon Ukrainy N 2059-VIII vid 23.05.2017 r. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>
6. Otsinka vplyvu na dovkillia. Yedynyi reistr. Available at: <http://eia.menr.gov.ua/>
7. Stefanyshyn, D. V. (2011). Prohnozuvannia avariiv na hrebliah v zadachakh otsinky y zabezpechennia yikh nadiynosti ta bezpeky. *Hidroenerhetyka Ukrainy*, 3-4, 52–60. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/57960/13-Stefanishin.pdf?sequence=1>
8. Romanchuk, K. H., Stefanyshyn, D. V. (2014). Imovirnisne modeliuвання stsenariiv dvokh netypovykh avariiv na hidroenerhetychnykh ob'ektakh. *Hidroenerhetyka Ukrainy*, 2-3, 20–25. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/141544/06-Romanchuk.pdf?sequence=1>
9. Ob'ekty krytychnoi infrastruktury ta ob'ekty krytychnoi informatsiynoi infrastruktury v yevropeiskykh krainakh. Informatsiyna dovidka, pidhotovlena Yevropeiskym informatsiyno-doslidnytskym tsentrom na zapyt Aparatu Verkhovnoi Rady Ukrainy. Available at: <http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29297.pdf>
10. Putrenko, V., Benatov, D., Stefanyshyn, D. (2016). A geoinformation system of “the hydrocomplexes of Ukraine” as an important part in supporting managerial decisions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (79)), 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.61135>
11. Green paper on critical infrastructure protection in Ukraine. Proceedings of International Expert Meetings (2015). Kyiv, 176. Available at: http://old2.niss.gov.ua/public/File/2016_book/Syxodolya_ost.pdf
12. Metodyka identyfikatsiyi potentsiyno nebezpechnykh ob'ektiv. Zavrzhdena nakazom MNS Ukrainy vid 23.02.2006 r. za N 98. Zareistrovano v Ministerstvi yustytisyi Ukrainy vid 20.03.2006 r. za N 286/12160. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>
13. Pro ob'ekty pidvyshchenoi nebezpeky. Zakon Ukrainy N 2245-III vid 26.04.2014 p. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14>
14. Veksler, A. B., Ivashintsov, D. A., Stefanishin, D. V. (2002). Nadezhnost', sotsial'naya i ekologicheskaya bezopasnost' gidrotekhnicheskikh ob'ektov: otsenka riska i prinyatie resheniy. Sankt-Peterburg: VNIIG im. B.E. Vedeneeva, 591.
15. Ivashintsov, D. A., Stefanishin, D. V., Veksler, A. B. (1993). Ecological and sociodemographic consequences of hydrotechnical construction (Problems of safety and risk). *Hydrotechnical Construction*, 27 (12), 685–691. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01545709>
16. Stefanyshyn, D. V. (2012). Statystychni otsinky zhyvuchosti hrebel. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 11, 53–61. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/57554/06-Stefanishyn.pdf?sequence=1>
17. Stefanishin, D. V. (2008). Breakdown forecast of the designing and constructing dams using the statistical analysis results of the previous breakdowns. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva*, 251, 3–9.

Available at: http://www.vniig.rushydro.ru/file/main/vniig/company/activity/publications/collection/5843.html/Volume_251.pdf

18. Rzhantsyn, A. R. (1978). *Teoriya rascheta stroitel'nyh konstruksiy na nadezhnost'*. Moscow, 239. Available at: <https://dwg.ru/lib/1942>
19. Bolotin, V. V. (1981). *Metody teorii veroyatnostey i teorii nadezhnosti v raschetah sooruzheniy*. Moscow, 351.
20. Barlou, R., Proshan, F. (1984). *Statisticheskaya teoriya nadezhnosti i ispytaniya na bezotkaznost'*. Moscow, 328.
21. Augusti, G., Baratta, A., Kashiati, F. (1988). *Veroyatnostnye metody v stroitel'nom proektirovanii*. Moscow, 584.
22. Bolotin, V. V. (1990). *Resurs mashin i konstruksiy*. Moscow, 448.
23. Kumamoto, H., Henley, E. J. (1996). *Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists*. IEEE Press, 620. doi: <https://doi.org/10.1109/9780470546277>
24. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management (2000). *Trans. of the 20-th Int. Congress on Large Dams*. Vol. 1. Q. 76. Beijing-China, 896.
25. *Risk Assessment in Dam Safety Management. A reconnaissance of benefits, methods and current applications* (2005). CIGB/ICOLD, 276.
26. Bellendir, E. N., Ivashintsov, D. A., Stefanishin, D. V. et. al. (2003). *Veroyatnostnye metody otsenki nadezhnosti gruntovyh gidrotehnicheskikh sooruzheniy*. Vol. 1. Sankt-Peterburg: Izd-vo OAO «VNIIG im. B. E. Vedeneeva», 524.
27. ICOLD Bulletin 99. *Dam Failures: Statistical Analysis* (1995). ICOLD. Bulletin No. 99. Paris, 216.
28. Mirtshulava, Ts. E. (2003). *Opasnosti i riski na nekotoryh vodnyh i drugih sistemah*. Vidy, analiz, otsenka. Tbilisi, 538.
29. Polovko, A. M., Gurov, S. V. (2006). *Osnovy teorii nadezhnosti*. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 552. Available at: <https://ru.b-ok2.org/book/2074949/e16502>
30. Perel'muter, A. V. (2007). *Izbrannye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nyh konstruksiy*. Moscow: Izdatel'stvo ASV, 255.
31. Ryabinin, I. A. (2007). *Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnyh sistem*. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo SPbGU, 276.
32. *Seismic danger*. World data center for geoinformatics and sustainable development. Available at: <http://wdc.org.ua/uk/node/178>
33. Vaynberg, A. I. (2008). *Nadezhnost' i bezopasnost' gidrotehnicheskikh sooruzheniy*. *Izbrannye problemy*. Kharkiv: Tyazhpromavtomatika, 304.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210048

ESTIMATING THE FAILURE PROBABILITY OF AN INSTRUMENT TRANSFORMER CELL IN THE HIGH VOLTAGE DISTRIBUTING DEVICE USING AN EXPERT-STATISTICAL METHOD (p. 70–81)

Serhii Domoroshchyn

Zaporizhzhia Polytechnic National University,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5233-7153>

Olexandr Sakhno

Zaporizhzhia Polytechnic National University,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3283-3731>

The approach has been developed to determining the numerical value of a failure probability and to forecasting the resource of an instrument transformer cell at the time of observation. Underlying a given approach is the control over the main parameters that affect the technical condition (TC) of an instrument transformer cell in the distributing device of high voltage (DDHV). To determine a TC of the devices, a mathematical method of fuzzy modeling has been ap-

plied, which makes it possible to integrate the diagnostic parameters that are different in their nature. Building a fuzzy model involved the experience of experts in the relevant industry.

The relevance of the development of a given approach is predetermined by the functional importance of a current transformer. Its performance affects the accuracy of triggering the relay protection devices, as well as the accounting of electrical energy. Precise accounting of electric energy implies minimizing its losses and shows the path to energy savings. A special feature of this approach is that it takes into consideration the influence of TC of each piece of cell equipment on the probability of its failure in general. To account for the factors of random disturbances, an expert fuzzy model is refined by the probabilistic-statistical method.

An example of the DDHV instrument transformer cell in an electric-energy system has been used to substantiate the advantage of a given approach over the existing methods to control the technical condition of electrical equipment. The error in predicting the cell resource based on one parameter (thermal imaging examination) was $\Delta_{f(D-02)}=1-Q_{D-02}=0.364$, or 36.4 %. When applying an expert-statistical model for determining the probability of a cell failure, the error was $\Delta_{f(D-02)}=1-Q_{apost}=0.034$, or 3.4 %. The application of a given approach has produced a more reliable estimate of the probability of cell failure.

Implementing the developed approach in the field of electrical equipment diagnosing could improve the reliability level of forecasting results. The constructed model could be applied in the automated systems that diagnose “on-line” the DDHV electric devices.

Keywords: current transformer, disconnecter, cell, fuzzy model, technical condition, failure probability.

References

1. Borshchov, P. I. (2019). Increase accuracy of phase difference measurement at industrial frequency. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 3, 85–91. doi: <https://doi.org/10.15407/techne2019.03.085>
2. Borshchov, P. I., Obodovsky, V. D. (2014). Device for precision measuring of the dielectric parameters of the high voltage insulation under working voltage. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 3, 97–99.
3. Skrupskaya, L. S., Oliinyk, A. O., Sakhno, A. A. (2014). Model building for current transformer paper-oil insulation state diagnostics. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2, 48–51. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2014.2.11>
4. Beliaev, V. K., Panenko, H. N. (2016). Determination of insulation parameters of current transformers at multiple measurements in monitoring systems under working voltage. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 5, 40–46. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2016.5.06>
5. Krieg, T. W., Napolitano, M. (2000). Implementation of On-Line Transformer Monitoring and Fault Diagnosis in ElectraNet SA. *Proceedings of ICMEP*. Wuhan, 25–26.
6. Borsi, H. (2000). Gassing behavior of different insulating liquids for transformers. *Electra*, 188, 20–41.
7. Reyes, O., Garcia-Colon, V. R., Lara, H., Robles, E., Guzman, M., Elizarraraz, E., Martinez, J. C. (2008). Abnormal Failure Rate on High Voltage Current Transformers Affected by Environmental Conditions. *Conference Record of the 2008 IEEE International Symposium on Electrical Insulation*. doi: <https://doi.org/10.1109/elinsl.2008.4570321>
8. Fei, Y., Wang, X.-Q., Luo, C.-J. et. al. (2012). Type selection and structure of ± 1000 kV ultra HVDC instrument transformer. *Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus*, 48 (1).
9. Sun, C., Zhang, L., Yan, C., Li, C. et. al. (2018). On-site Error Calibration Technology Under High Current for 1 000 kV Cur-

- rent Transformer. *Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus*, 54 (6), 184–188. doi: <http://doi.org/10.13296/j.1001-1609.hva.2018.06.028>
10. Zhou, T., Ruan, J., Liu, Y., Peng, S., Wang, B. (2020). Defect Diagnosis of Disconnecter Based on Wireless Communication and Support Vector Machine. *IEEE Access*, 8, 30198–30209. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2972010>
 11. Shi, J., Xu, T., Yang, S., Li, B. (2017). Design and realization of high voltage disconnecter condition monitoring system. *Journal of Physics: Conference Series*, 887, 012011. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/887/1/012011>
 12. Qiu, Z., Ruan, J., Huang, D., Huang, Y. (2014). Mechanical fault diagnosis of high voltage outdoor disconnecter based on motor current signal analysis. 2014 International Conference on Power System Technology. doi: <https://doi.org/10.1109/powercon.2014.6993501>
 13. Lin, X., Cai, Q., Xu, J.-Y., Li, S. (2011). Large scale of electric field calculation of 1100 kV disconnecter based on domain decomposition method. *Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus*, 47 (2), 1–6.
 14. Qiu, Z., Huang, D., Zhang, E., Ruan, J., Zhang, Y. (2015). Mechanical faults analysis of high voltage disconnecters and review of diagnosis technology. *Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus*, 51 (8), 171–179. doi: <http://doi.org/10.13296/j.1001-1609.hva.2015.08.029>.
 15. Shi, J., Xu, T., Yang, S., Li, B. (2017). Design and realization of high voltage disconnecter condition monitoring system. *Journal of Physics: Conference Series*, 887, 012011. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/887/1/012011>
 16. Kosterev, M., Litvinov, V. (2015). Development of an analytical estimation method of the fault risk in the power system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (76)), 44–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47290>
 17. Kosterev, M., Litvinov, V. (2018). Priority events determination for the risk-oriented management of electric power system. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 21–32. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00643>
 18. Kosteriev, M. V., Bardyk, Ye. I. (2011). Pytannia pobudovy nechitkykh modelei otsinky tekhnichnogo stanu ob'ektiv elektrychnykh system. Kyiv: NTUU «KPI», 148.
 19. Shtovba, S. D. (2007). Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB. Moscow: Goryachaya liniya – telekom, 288.
 20. Saati, T. (1993). Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy. Moscow: «Radio i svyaz», 278.
 21. SOU-N EE 20.302: 2007. Normy vyprobuvannya elektroobladnannya. Kyiv: OEP «HRIFRE», 278.
 22. DSTU EN 62271-102:2016. Prystroi kontrolni rozpodilchi vysokovoltni. Chastyna 102. Roziednuvachi ta uzemliuvalni peremykachi zminnogo strumu (EN 62271-102:2002, IDT). Zi zminamy ta poravkoiu.
 23. Venttsel', E. S. (1972). *Teoriya veroyatnostey*. Moscow: Nauka, 576.
 24. Sahnó, A. A. (2010). Mathematical model for prediction of the remaining resource of current transformers of 330-750 kV with OIP insulation. *Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu «Kharkivskiyi politekhnichnyi instytut»*. Zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Problemy udoskonalennia elektrychnykh mashyn i aparativ. *Teoriya i praktyka*, 55, 97–106.
 25. Guk, Yu. B. (1990). *Teoriya nadezhnosti v elektroenergetike*. Leninograd: Energoatomizdat, 206.
 26. Bardyk, Ye. I. (2014). Modelling and assessment of chances of failure of power systems electrical equipment taking into account the after repair resource restoration level. *Naukovyi visnyk Natsionalnogo hirnychoho universytetu*, 3, 82–90.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209844

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM OF CONTROL OVER A DRILLING MUD PRESSURE AT THE INLET TO A WELL (p. 82–94)

Andrii Lahoida

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0862-7786>

Vasyl Boryn

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7404-4968>

Georgiy Sementsov

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8976-4557>

Vasyl Sheketa

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1318-4895>

This paper addresses control over flushing a well, which belongs to the class of non-stationary dynamic stochastic objects. The object evolves over time and has a large transport delay, which increases with an increase in the well's length. The current work is aimed at solving the tasks on improving a mathematical model of the automated control system taking into consideration a constraint on the capacity of a drilling pumping unit. The normalized transition functions of a pumping unit have been examined, based on which the magnitude of the delay has been determined, and the structures and parameters of typical controllers have been synthesized.

It has been established that the only way to improve control quality is to use a more complex controller, which can reduce the negative impact of the delay.

The closed automated control systems with delay have been investigated, which ensures better indicators of the control process compared to the industrial systems based on PI controllers. It has been shown that the Fuzzy-PID-controllers demonstrate better quality indicators – an overshooting of 0% and a transition process duration of 15 s in a wide range of changes in the external influences and system parameters.

An issue of the feasibility of applying the PI, PID-controllers with a Smith predictor has been considered. It has been shown that the quality of the control process involving a PID-controller and the Smith predictor is close to the quality indicators of the system with a Fuzzy-PID-controller. The need has been established to build a system that could independently adapt to changes in the geological and technical conditions and the geoenvironment that occur in the process of deepening the well. It has been demonstrated that such systems should have a decision support circuit or be adaptive. The obtained data are useful and important because they make it possible to improve the efficiency of the control process of a technical hydraulic system of deep wells flushing during their deepening.

Keywords: simulation, wells flushing, controller, pressure at the well inlet, control.

References

1. Thorogood, J. L., Florence, F., Iversen, F. P., Aldred, W. D. (2009). *Drilling Automation: Technologies, Terminology and Parallels With*

- Other Industries. SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition. doi: <https://doi.org/10.2118/119884-ms>
2. Alread, W., Bourque, I., Mannering, M., Chapmen, C., Castel, B. (2012). Drilling Automation. *Oilfield Review*, 24 (2), 18–27.
 3. Nesterenko, S. M., Savko, V. G. (2005). Printsipy postroeniya koml'yutizirovannoy sistemy kontrolya dinamicheskikh parametrov protsessa bureniya skvazhin pri uskorennoy razvedke i razrabotke neftyanyh mestorozhdeniy. *Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more*, 9, 7–13.
 4. Macpherson, J. D., Jogi, P. N., Kingman, J. E. E. (2001). Application and Analysis of Simultaneous Near Bit and Surface Dynamics Measurements. *SPE Drilling & Completion*, 16 (04), 230–238. doi: <https://doi.org/10.2118/74718-pa>
 5. Iversen, F. P., Cayeux, E., Dvergsnes, E. W., Ervik, R., Byrkjeland, M., Welmer, M. et. al. (2008). Offshore Field Test of a New Integrated System for Real-Time Optimization of the Drilling Process. IADC/SPE Drilling Conference. doi: <https://doi.org/10.2118/112744-ms>
 6. Elmgerbi, A., Thonhauser, G., Prohaska, M., Nascimento, A., Roohi, A. (2016). Application of Computer Programming to Estimate Volumetric Change of an Active Drilling Fluid System Cause by Elastic Deformation of an Open Borehole Section Wall. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 16 (3), 15–30. Available at: <http://www.researchgate.net/publication/310604690>
 7. Denney, D. (2011). Drilling Automation: An Automatic Trajectory-Control System. *Journal of Petroleum Technology*, 63 (12), 84–87. doi: <https://doi.org/10.2118/1211-0084-jpt>
 8. Green, S (2011). Full-scale Deep Well Drilling Simulation. *Petroleum Drilling Technologies*, 39 (3), 1–5.
 9. Lyons, K. D., Honeygan, S., Mroz, T. (2008). NETL Extreme Drilling Laboratory Studies High Pressure High Temperature Drilling Phenomena. *Journal of Energy Resources Technology*, 130 (4). doi: <https://doi.org/10.1115/1.3000139>
 10. Wagenknecht, M., Fadyeyeva, I. (2003). On Bicriterial Decisions in Well-Drilling Processes Using Fuzzy Logic. Conference: Proceedings of the 3rd Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology. Zittau, 451–455.
 11. Sadlier, A. G., Laing, M. L. (2011). Interoperability: An Enabler for Drilling Automation and a Driver for Innovation. SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition. doi: <https://doi.org/10.2118/140114-ms>
 12. Sadlier, A. G., Laing, M. L., Shields, J. A. (2012). Data Aggregation and Drilling Automation: Connecting the Interoperability Bridge between Acquisition, Monitoring, Evaluation, and Control. IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition. doi: <https://doi.org/10.2118/151412-ms>
 13. Stock, T., Ronaes, E., Fossdal, T. H., Bjerkas, J. (2012). The Development and Successful Application of an Automated Real-Time Drilling Fluids Measurement System. SPE Intelligent Energy International. doi: <https://doi.org/10.2118/150439-ms>
 14. Burovoy nasos UNB-600. Available at: http://oilzip.ru/nasos_unb_unb_brn.html
 15. Burovye trehporschnevye nasosy UNBT-600, UNBT-950, UNBT-1180, UNBT-1500 – Uzly burovnyh ustanovok. Available at: <http://aznefteximmash.narod.ru/zap4/pro4/UNBT.htm>
 16. Nasos NBT 475. Available at: <http://www.sarmash.ru/product/product6/nbt475.html>
 17. Nazarenko, O. M., Filchenko, D. V. (2008). Parametric Identification of State-Space Dynamic Systems: A Time-Domain Perspective. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 4 (7).
 18. Ait Ali Yahia, R., Benlefi, F. (2000). Viewing Equivalence between Fuzzy and Linear Controller. Proceedings East West Fuzzy Colloquium 2000, 8th Zittau Fuzzy Colloquium, 112–119.
 19. Pivoňka, P., Dokoupil, J. (2010). Sliding Window Recursive Neural Networks Learning Algorithm and its Application on the Identification in Adaptive PID. 17th Zittau East-West Fuzzy Colloquium. Zittau, 55–62.
 20. Kronikovskiy, D. O., Ladaniuk, A. P. (2009). Bahatoparametrychniy rehulator na osnovi nechitkoi lohiky. Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya: «Suchasni metody, informatsiyne, prohramne ta tekhnichne zabezpechennia system upravlinnia orhanizatsiino-tekhnologichnymi kompleksamy». Kyiv: NUKhT, 37–38.
 21. Busher, V., Aldairi, A. (2018). Synthesis and technical realization of control systems with discrete fractional integral-differentiating controllers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (94)), 63–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139892>
 22. Demkiv, L. I. (2013). Doslidzhennia vplyvu metodu ahrehatsiyi na kharakterystyky systemy z nechitkym rehulatorom Takahi-Suheno. *Visnyk NTU “KhPI”. Seriya: Problemy avtomatyzovanoho elektropyvodu. Teoriya i praktyka*, 36 (1009), 120–121.
 23. Regulirovanie proizvoditel'nosti nasosov. Available at: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=17756>
 24. Belyaev, V. M., Gusman, M. T., Eskin, M. G. (1989). Sovremennoe sostoyanie kustovogo bureniya s primeneniem zaboynyh dvigateley. Moscow: VNIIOENG, 60.
 25. Baldenko, F. D., Shmidt, A. P. (2003). Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya rezhimom bureniya skvazhin zaboynymi dvigatelyami. *Burenie i neft'*, 4, 14–17.
 26. Denisenko, V. V. (2006). PID-regulyatory: printsipy postroeniya i modifikatsii. *Sovremennyye tehnologii avtomatizatsii*, 4, 66–74.
 27. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press, 1262.
 28. Saravanakumar, G., Wahidabanu, R. S. D., George, V. I. (2006). Robustness and performance of modified smith predictors for processes with longer dead times. *ICGST International Journal on Automatic Control and System Engineering*, 6 (3), 41–46.
 29. Chepenko, T. E. (2011). Metody prognozirovaniya vremennyh ryadov na osnovе iskusstvennyh neyronnyh setey s elementami vremennoy zaderzhki. *ASU i pribory avtomatiki*, 157, 41–48.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210013

DETAILING EXPLANATIONS IN THE RECOMMENDER SYSTEM BASED ON MATCHING TEMPORAL KNOWLEDGE (p. 6–13)

S. Chalyy, V. Leshchynskiy, I. Leshchynska

Розглянуто проблему узгодження знань у темпоральному аспекті при побудові пояснень щодо рекомендацій. Узгодження дає можливість зменшити вплив суперечливих знань на пояснення в рекомендаційній системі.

Запропоновано модель подання знань у формі темпорального правила з обмеженням пояснення. Темпоральне правило задає порядок в часі для двох множин однотипних подій, що виникли на двох різних інтервалах часу. Обмеження пояснення встановлює відповідність між представленим за допомогою правила темпоральних порядком для пари інтервалів та описом темпоральної динаміки для заданого періоду часу. Така динаміка відображається поясненням рекомендації. Модель призначена для узгодження знань з урахуванням обмеження пояснення, а також подальшого використання узгоджених знань для уточнення пояснень щодо результатів роботи інтелектуальної системи.

Розроблено метод уточнення пояснень в рекомендаційній системі на базі узгодження знань у формі темпоральних правил. В якості вихідних даних метод використовує записи про покупки товарів, послуг або виставлення їх рейтингів. Метод виділяє узгоджену в темпоральному аспекті підмножину правил, які показують таку ж динаміку попиту споживачів щодо цільового предмету (збільшення або зменшення), як і пояснення в рекомендаційній системі. Узгодження темпоральних знань дозволяє сформувати уточнений перелік пояснень. Цей перелік включає в себе базове та уточнююче пояснення. Базове пояснення відображає динаміку інтересів користувачів для всього заданого періоду часу. Уточнююче пояснення задає зміни попиту для окремих інтервалів в рамках заданого періоду часу. Використання у поясненні темпоральної динаміки вподобань користувачів орієнтовано на збільшення довіри до отриманих рекомендацій.

Ключові слова: рекомендаційна система, пояснення щодо рекомендацій, темпоральні правила, узгодження знань.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209047

DEVELOPING A MODEL OF THE DYNAMICS OF STATES OF A RECOMMENDATION SYSTEM UNDER CONDITIONS OF PROFILE INJECTION ATTACKS (p. 14–24)

Y. Meleshko, O. Driev, M. Yakymenko, D. Lysytsia

Рекомендаційні системи, що застосовуються для формування стрічки новин у соціальних мережах або для створення списків рекомендацій на контентних веб-сайтах чи Інтернет-магазинах, часто зазнають інформаційних атак ін'єкцією профілів. Такі атаки мають на меті зміну рейтингів, а отже, і зміну частоти показів у рекомендаціях, певних об'єктів системи. Це може призводити до загроз інформаційній безпеці користувачам та збитків власникам системи. Існують методи виявлення атак у рекомендаційних системах, але вони вимагають постійних повторюваних перевірок усіх профілів користувачів, що є досить ресурсомісткою операцією. В той же час у даних методах немає пропозицій по визначенню оптимальної частоти перевірки наявності атаки. Однак правильно підібрана частота таких перевірок не буде надто перевантажувати систему і, одночасно, забезпечить достатній рівень безпеки її роботи.

Розроблено математичну модель динаміки станів рекомендаційної системи в умовах інформаційної атаки з застосуванням математичного апарату марківських та напівмарківських процесів. Розроблена модель дозволяє досліджувати вплив атак ін'єкцією профілів на рекомендаційні системи, зокрема на ефективність їх роботи та обсяги витрат для забезпечення їх інформаційної безпеки. Практичне застосування розробленої моделі дає змогу розраховувати для рекомендаційних систем оптимальну частоту перевірки на наявність інформаційних атак з врахуванням шкоди від таких атак та витрат на постійні перевірки.

На основі розробленої математичної моделі запропоновано спосіб визначення повних витрат рекомендаційної системи внаслідок моніторингу власної інформаційної безпеки, нейтралізації діяльності бот-мереж та внаслідок інформаційних атак.

Розроблено спосіб визначення оптимальної частоти перевірки рекомендаційної системи на наявність інформаційних атак для оптимізації загальних витрат системи. Застосування даного способу дозволить власникам веб-сайтів з рекомендаційними системами мінімізувати свої фінансові витрати на забезпечення їх інформаційної безпеки.

Ключові слова: рекомендаційна система, інформаційна безпека, мережа ботів, марківські процеси, напівмарківські процеси.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.203866

DEVELOPMENT OF A DOCUMENT CLASSIFICATION METHOD BY USING GEODESIC DISTANCE TO CALCULATE SIMILARITY OF DOCUMENTS (p. 25–32)

Hung Vo-Trung

В даний час Інтернет дає людям можливість швидкого і зручного доступу до знань людства по різних каналах, таким як веб-сторінки, соціальні мережі, електронні бібліотеки, портали і т. д. Однак завдяки швидкому обміну і оновленню інформації обсяг

інформації, що зберігається (у вигляді цифрових документів) швидко збільшується. Тому перед нами стоять завдання представлення, зберігання, сортування та класифікації документів.

У даній статті ми представляємо новий підхід до класифікації текстів. Цей підхід заснований на напівавтоматичному машинному навчанні і методі опорних векторів (МОВ). Новизною дослідження є те, що замість обчислення відстані між векторами за евклідовою відстанню використовується геодезична відстань. Для цього текст спочатку необхідно виразити у вигляді n -мірного вектора. В n -вимірному векторному просторі кожен вектор представлений однією точкою; геодезична відстань використовується для обчислення відстані від точки до найближчих точок і з'єднання в графік. Класифікація проводиться на основі обчислення найкоротшого шляху між вершинами графа за допомогою ядерної функції. Нами проведені експерименти над статтями, взятими з агентства новин Рейтер по 5 різним темам. Для оцінки запропонованого методу, ми випробували МОВ метод з традиційним розрахунком на основі евклідової відстані і запропонований нами метод на основі геодезичної відстані. Експеримент проводився на тому ж наборі даних по 5 темам: бізнес, ринки, світ, політика і технології. Результати показали, що правильна швидкість класифікації краще традиційного МОВ методу на основі евклідової відстані (в середньому на 3,2 %).

Ключові слова: класифікація текстів, машинне навчання, геодезична відстань, евклідова відстань, МОВ, ОПМ, ядерна функція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208603

DEVELOPMENT OF A PROCEDURE FOR EXPERT ESTIMATION OF CAPABILITIES IN DEFENSE PLANNING UNDER MULTICRITERIAL CONDITIONS (p. 33–43)

O. Nesterenko, I. Netesin, V. Polischuk, O. Trofymchuk

Підвищення ефективності прийняття рішень в оборонному плануванні на основі спроможностей військових сил і засобів виконувати завдання за призначенням вимагає нових методичних підходів та їх реалізації у вигляді програмних інформаційно-аналітичних інструментів. В умовах складного інформаційного середовища оборонного планування вибір варіантів розвитку спроможностей доцільно здійснювати експертами на методичній основі багатокритеріального аналізу.

В результаті досліджень розроблено методіку, в якій формування критеріїв і оцінювання альтернативних варіантів запропоновано здійснювати шляхом інтеграції онтології, методу аналізу ієрархій та орієнтованих графів. Онтологічне представлення даних забезпечує побудову ієрархічної таксономії предметної області та формування вектору критеріїв. Метод аналізу ієрархій використовується для проведення експертного оцінювання спроможностей шляхом їх парного порівняння за визначеними критеріями. За допомогою орієнтованих графів здійснюється візуалізація та контролювання транзитивної узгодженості суджень експертів. Застосування методіки дозволить забезпечити оперативність, універсальність та простоту технічної реалізації процедури підтримки прийняття рішень. Методіку апробовано на прикладі вибору спроможності ведення розвідки в інтересах наземної артилерії. Показано, що за рахунок графової візуалізації процес оцінювання в експертній діяльності суттєво спрощується.

Запропонована методіка репрезентує інноваційний інструмент досягнення стратегічних цілей і виконання основних завдань оборонної реформи, що є актуальним для багатьох країн. Універсальність методіки створює підґрунтя для її застосування не тільки в оборонному, а й у інших силових відомствах.

Ключові слова: інформаційні технології, багатокритеріальний аналіз, онтології, метод аналізу ієрархій, орієнтовані графи, спроможності, оборонне планування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210523

STUDY OF GRAPHICS LIBRARIES RELATED TO THE PROBLEM OF VISUALIZATION OF ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY IMAGES (p. 44–54)

A. Katsupееv, G. Aleksanyan, E. Kombarova, R. Polyakov

Наведено структуру програмного забезпечення для електроімпедансної томографії. Дана структура побудови програми дозволяє реалізувати проведення ЕІТ дослідження в реальному часі та може бути реалізована на медико-технічних пристроях, зокрема, бути інтегрована в апарати ШВЛ.

Представлено алгоритм візуалізації результатів реконструкції поля провідності. В межах даного алгоритму існують два підходи до подання кольорних моделей та вибору квітів для кожного конкретного кінцевого елемента. Вибір одного з цих підходів залежить від потреб дослідження та призводить або до більшої швидкості роботи, або до більшої якості зображення.

Запропоновано алгоритм сусідніх кінцевих елементів, що дозволяє зменшити час, що витрачається на візуалізацію моделі, за рахунок об'єднання сусідніх елементів, що мають подібний колір, в один багатокутник. Зменшення кількості кінцевих елементів призводить до більшої швидкості їх виведення на екран.

Представлено список графічних бібліотек, які можуть бути використані для завдань візуалізації результатів електроімпедансної томографії. В результаті досліджень було встановлено, що серед аналізованих бібліотек найкращий час демонструє бібліотека OpenGL, при використанні якої візуалізація відбувається на 0,02 с швидше аналогів. Це пов'язано з високою швидкістю роботи, яка забезпечується реалізацією візуалізації на графічному процесорі.

Показано, що використання запропонованого алгоритму сусідніх кінцевих елементів дійсно дозволяє зменшити час, що витрачається на виведення моделі на екран з 0.05 с до 0.03 с для бібліотеки OpenGL. При цьому сумарний час, що витрачається на візуалізацію, залежить від використовуваної графічної бібліотеки.

Отримані дані можуть бути використані при розробці систем медичної візуалізації, до яких пред'являються підвищені вимоги в плані обсягу виведеної інформації.

Ключові слова: електроімпедансна томографія, програмне забезпечення, реконструкція зображення, медична візуалізація, графічні бібліотеки.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208467

APPLICATION OF A LOGICAL-PROBABILISTIC METHOD OF FAILURE AND FAULT TREES FOR PREDICTING EMERGENCY SITUATIONS AT PRESSURE HYDRAULIC FACILITIES (THE CASE OF KAKHOVKA HYDROELECTRIC COMPLEX) (p. 55–69)

D. Stefanyshyn, D. Benatov

Розглянуто задачу прогнозування аварійних ситуацій на гідропорудах гідровузла, що формують його напірний фронт, на основі застосування логіко-імовірнісного підходу.

Актуальність проведених досліджень та їх практична значимість обумовлюється нагальними потребами оцінки відповідності безпеки гідропоруд положенням міжнародних стандартів безпеки та чинним нормам національного законодавства. Так, у звітах з оцінки впливу гідропоруд на довкілля мають бути представлені результати оцінювання додаткового ризику виникнення аварійних ситуацій на гідровузлі. Вказане оцінювання, в свою чергу, потребує аналізу ймовірностей виникнення аварій на гідровузлі до і після нового будівництва.

У запропонованому дослідженні, на прикладі Каховського гідровузла (Україна), встановлено системний характер можливих причин виникнення аварій на напірних гідропорудах у складі гідровузлів. Аварія на гідровузлі розглядається як складна природно-техногенна подія, що пов'язана з різними природними і техногенними факторами. Оцінювання повної (узагальноної) ймовірності аварії на гідровузлі здійснюють логіко-імовірнісним методом дерев відмов і несправностей, що ґрунтується на дедуктивному підході. Розраховано верхні граничні оцінки ймовірностей виникнення цих подій на окремих гідропорудах гідровузла і узагальнену оцінку ймовірності аварії на гідровузлі в цілому. Встановлено, що ймовірність аварії в залежності від гідропоруди гідровузла може змінюватися. У випадку Каховського гідровузла вона змінюється в межах від $2.1 \cdot 10^{-6}$, рік⁻¹, на русловій земляній греблі, до $5.6 \cdot 10^{-6}$, рік⁻¹, на водозливній греблі. Повна ймовірність аварії на гідровузлі складає $2.35 \cdot 10^{-5}$, аварійних подій на рік. Втім, вказані оцінки не перевищують допустимого значення $5 \cdot 10^{-5}$, рік⁻¹, що регламентовані для гідропоруд відповідного класу відповідальності за наслідками. Таким чином зроблено висновок, що поточну надійність та безпеку гідропоруд Каховського гідровузла можна визнати як достатню.

Ключові слова: Каховський гідровузел, напірні гідропоруди, оцінка впливу на довкілля, сценарій аварії, техногенна безпека.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210048

ESTIMATING THE FAILURE PROBABILITY OF AN INSTRUMENT TRANSFORMER CELL IN THE HIGH VOLTAGE DISTRIBUTING DEVICE USING AN EXPERT-STATISTICAL METHOD (p. 70–81)

S. Domoroshchyn, O. Sakhno

Розроблений підхід визначення чисельного значення ймовірності відмови та прогнозування ресурсу комірки вимірювального трансформатора на момент спостереження. Даний підхід заснований на контролі основних параметрів, які впливають на технічний стан (ТС) апаратів комірки вимірювального трансформатора розподільчого пристрою високої напруги (РПВН). Для визначення (ТС) апаратів застосований математичний метод нечіткого моделювання, який дозволяє проінтегрувати різні за своєю природою діагностичні параметри. В побудові нечіткої моделі використовується досвід експертів відповідної галузі.

Актуальність розроблення даного підходу обумовлена функціональною важливістю трансформатору струму. Від його роботи залежить точність спрацювання пристроїв релейного захисту, а також облік електричної енергії. Точний облік електричної енергії – це мінімізація її втрат та шлях до енергозбереження. Особливістю даного підходу є те, що в ньому враховується вплив ТС кожної одиниці обладнання комірки, на ймовірність її відмови в цілому. Для врахування факторів випадкових збурень, експертна нечітка модель уточнюється ймовірнісно-статистичним методом.

На прикладі комірки вимірювального трансформатора РПВН електроенергетичної системи, обґрунтовано перевагу даного підходу над існуючими методами контролю технічного стану електрообладнання. Похибка прогнозу ресурсу комірки за одним параметром (тепловізійне обстеження) склала $\Delta_{f(D-02)} = 1 - Q_{D-02} = 0,364$ або 36,4 %. При застосуванні експертно-статистичної моделі в визначенні ймовірності відмови комірки похибка склала $\Delta_{f(D-02)} = 1 - Q_{apost} = 0,034$ або 3,4 %. Застосування даного підходу показало більш достовірну оцінку ймовірності відмови комірки.

Впровадження розробленого підходу в галузі діагностики стану електрообладнання, може підвищити рівень достовірності результатів прогнозування. Розроблена модель може бути застосована в автоматизованих системах «on-line» діагностування електричних апаратів РПВН.

Ключові слова: трансформатор струму, роз'єднувач, комірка, нечітка модель, технічний стан, ймовірність відмови.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209844

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM OF CONTROL OVER A DRILLING MUD PRESSURE AT THE INLET TO A WELL (p. 82–94)

A. Lahoida, V. Boryn, G. Sementsov, V. Sheketa

Розглянуто керування промиванням свердловини, яке відноситься до класу нестационарних динамічних стохастичних об'єктів. Об'єкт розвивається в часі та має велику транспортну затримку, яка зростає зі збільшенням довжини свердловини. Роботу спрямовано на вирішення задач вдосконалення математичної моделі системи автоматичного керування з урахуванням обмеження щодо потужності бурової насосної установки. Досліджено нормовані перехідні функції насосної установки, на підставі яких визначено величину запізнення та синтезовано структури і параметри типових регуляторів.

Встановлено, що єдиним способом підвищення якості керування є застосування більш складного регулятора, який дозволяє зменшити негативний вплив запізнення.

Досліджено замкнені системи автоматичного керування з запізненням, які забезпечують кращі показники процесу керування порівняно з промисловими системами, що ґрунтуються на ПІ-регуляторах. Показано, що Fuzzy-ПІД-регулятори забезпечують кращі показники якості – перерегулювання 0 % і тривалість перехідного процесу 15 с в широкому діапазоні зміни зовнішніх впливів і параметрів системи.

Розглянуто питання доцільності застосування ПІ, ПІД-регуляторів з предиктором Сміта. Показано, що якість процесу керування з ПІД-регулятором і з предиктором Сміта наближається до показників якості системи з Fuzzy-ПІД-регулятором. Встановлено необхідність побудови системи, яка здатна самостійно адаптуватися до змін геолого-технічних умов і геосередовища, які відбуваються в процесі поглиблення свердловини. Показано, що такі системи повинні мати контур підтримки прийняття рішень або бути адаптивними. Отримані дані корисні і важливі тому, що дозволяють підвищити ефективність процесу керування технічною гідравлічною системою промивання глибоких свердловин в процесі їх поглиблення.

Ключові слова: моделювання, промивання свердловин, регулятор, тиск на вході в свердловину, керування.