



DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285543

USAGE OF A COMPUTER CLUSTER FOR PHYSICS SIMULATIONS USING BULLET ENGINE AND OPENCL

pages 6–9

Oleksandr Beznosyuk, PhD, Associate Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2775-6070>

Oleksandr Syrotyuk, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: oleksandr.syrotyuk.dev@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4531-6290>

The study focuses on using a computer cluster for implementing real-time physical simulations, responding to a growing need for such use in various sectors, including medicine, video processing, automated transport management, robotics, and visualisation. The object of research is cluster and cloud technologies for conducting costly physical simulations for specific sectors, particularly high-budget and entertainment ones, such as cinematography and interactive entertainment.

Research methods include using a modified Bullet engine to carry out physical simulations, integrated with OpenCL to work with the cluster. The choice of these technologies was determined by their high performance and adaptability to cluster systems. The research was based on a typical Bullet framework's benchmark falling tower scene with the primary goal of measuring computational performance in frames per second.

Results showed that the use of clusters is not advisable in environments with a low network throughput and the use of non-uniform computers. Under those conditions, simulations using a cluster become unstable with many objects and contacts between them and show a degradation in performance by an average of 50–60 % (to values of 10–20 frames per second).

Despite the intermediate results of calculations on the cluster, the study met the expectations within the goals set and resources available. These results have significant implications for the further development of cluster and cloud technologies in physical simulations, providing valuable information about the limitations and capabilities of these systems.

Keywords: 3D space, continuous space, collision solution, collision detection, cloud technologies, distributed computing, high-performance computing.

References

1. Lewis, N. S., Winter, A. O., Bonus, J., Motley, M. R., Eberhard, M. O., Arduino, P., Lehman, D. E. (2023). Open-source simulation of strongly-coupled fluid-structure interaction between non-conformal interfaces. *Frontiers in Built Environment*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1120518>
2. Merchant, N., Sampson, A. T., Boiko, A., Falconer, R. E. (2023). Dense agent-based HPC simulation of cell physics and signaling with real-time user interactions. *Frontiers in Computer Science*, 5. doi: <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1085867>
3. Jorissen, K., Vila, F. D., Rehr, J. J. (2012). A high performance scientific cloud computing environment for materials simula-

tions. *Computer Physics Communications*, 183 (9), 1911–1919. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2012.04.010>

4. Serpa, Y. R., Rodrigues, M. A. F. (2020). Broad Phase Collision Detection: New Methodology and Solution for Standardized Analysis of Algorithms. *Anais Estendidos Da Conferencia on Graphics, Patterns and Images (SIBRAPI Estendido 2020)*. doi: <https://doi.org/10.5753/sibgrapi.est.2020.12982>
5. Cohen, J. D., Lin, M. C., Manocha, D., Ponamgi, M. (1995). I-COLLIDE. *Proceedings of the 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics – SIGGRAPH 95*. doi: <https://doi.org/10.1145/199404.199437>
6. Kockara, S., Halic, T., Iqbal, K., Bayrak, C., Rowe, R. (2007). Collision detection: A survey. *2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. doi: <https://doi.org/10.1109/icsmc.2007.4414258>
7. Xiaoguang, A., Ling, L. (2016). A Study of Collision Detection Algorithm Based on Cloud Computing Model. *2016 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icitbs.2016.9>
8. Erez, T., Tassa, Y., Todorov, E. (2015). Simulation tools for model-based robotics: Comparison of Bullet, Havok, MuJoCo, ODE and PhysX. *2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icra.2015.7139807>
9. Larsson, T., Akenine-Möller, T. (2006). A dynamic bounding volume hierarchy for generalized collision detection. *Computers & Graphics*, 30 (3), 450–459. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2006.02.011>
10. Barak, A., Ben-Nun, T., Levy, E., Shiloh, A. (2010). A package for OpenCL based heterogeneous computing on clusters with many GPU devices. *2010 IEEE International Conference On Cluster Computing Workshops and Posters (CLUSTER WORKSHOPS)*. doi: <https://doi.org/10.1109/clusterwksp.2010.5613086>
11. Yoon, J., Son, B., Lee, D. (2023). Comparative Study of Physics Engines for Robot Simulation with Mechanical Interaction. *Applied Sciences*, 13 (2), 680. doi: <https://doi.org/10.3390/app13020680>
12. Chau, S.-C., Fu, A. W.-C. (2004). Load Balancing between Heterogeneous Computing Clusters. *Lecture Notes in Computer Science*, 75–82. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-24679-4_19
13. Ströter, D., Mueller-Roemer, J. S., Stork, A., Fellner, D. W. (2020). OLBVH: octree linear bounding volume hierarchy for volumetric meshes. *The Visual Computer*, 36 (10-12), 2327–2340. doi: <https://doi.org/10.1007/s00371-020-01886-6>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285935

GENERALIZED INFORMATION WITH EXAMPLES ON THE POSSIBILITY OF USING A SERVICE-ORIENTED APPROACH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE INDUSTRY OF E-HEALTH

pages 10–17

Anatoly Petrenko, Doctor of Technical Science, Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6712-7792>

Oleh Boloban, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9074-4077>, e-mail: bolobanoleg@gmail.com

The object of the research is the review of ways of implementing service-oriented approaches (SOA) and artificial intelligence (AI) technologies in modern healthcare systems. The generalization of these ways will allow to cope with complex modern challenges, such as increasing demand for medical services, growing volumes of data, and the need for high-quality and effective treatment. This work is aimed at this.

The field of e-Health is rapidly gaining popularity and combines many different systems. But due to the large number of tools and system providers with different architectures, there is a problem that different systems are difficult or impossible to integrate and connect with each other.

It is shown that the use of SOA makes it possible to break down complex systems into separate services that can interact with each other to ensure fast and accurate data processing, effective management of medical resources, and improvement of the quality of medical services. AI can be used to analyze large volumes of medical data, predict risks, diagnose diseases, and develop individualized treatment plans. The use of AI in healthcare systems helps improve diagnostic accuracy, reduce treatment times, and improve patient outcomes. The synergy of SOA and AI in health care systems is important when SOA provides the means to integrate various AI solutions, which allows for the interaction of different services and the exchange of data to ensure effective treatment and collaboration between medical professionals and artificial intelligence systems. Such distribution of systems makes it possible to scale them without affecting other services that are already running. Therefore, it becomes possible to use unified data transfer protocols and combine different services into one system without radically changing the codebase and building additional layers of abstraction for interaction between services that cannot be combined in one system. Examples of the use of SOA and AI in modern health care systems to improve the quality of medical services, optimize resources and ensure an individual and effective approach to patient treatment, which can be used at the next stages of medical reform in Ukraine, are considered.

Keywords: service-oriented approach, weak link, web services, artificial intelligence, machine learning, body sensors, remote monitoring.

References

- Božić, V. (2023). *Service Oriented Architecture & Smart hospital*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/367965926_Service_Oriented_Architecture_Smart_hospital
- Petrenko, A. I. (2022). Medychna diahnozyka zdorov'ia na domu yak servis. *Klinichna informatyka i teledytsyna*, 16 (17).
- Petrenko, F. S., Petrenko, O. O. (2023). *Wireless sensor networks for healthcare on SOA, Studies in Computational Intelligence series: System Analysis & Intelligent Computing: Theory and Applications*. Springer Nature.
- Memorandum shchodo namiriv spivpratsi u pobudovy v Ukraini prozoroi ta efektyvnoi elektronnoi systemy okhorony zdorov'ia (2016). MOZ Ukrainy 02.11.2016.
- Onawole, H. (2018). *MediaTek Sensio MT6381 Biosensor Announced: World's First 6-in-1 Health Monitoring Module For Smartphones*. Available at: <https://www.gizmochina.com/2018/01/18/mediatek-sensio-mt6381-biosensor-announced-worlds-first-6-1-health-monitoring-module-smartphones/>
- De Capua, C., Meduri, A., Morello, R. (2010). A Smart ECG Measurement System Based on Web-Service-Oriented Architecture for Telemedicine Applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59 (10), 2530–2538. doi: <https://doi.org/10.1109/tim.2010.2057652>
- Immanuel, V. A., Raj, P. (2015). Enabling context-awareness: A service oriented architecture implementation for a hospital use case. *2015 International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (ICATcT)*, 224–228. doi: <https://doi.org/10.1109/icatct.2015.7456886>
- Hsieh, S.-H., Hsieh, S.-L., Cheng, P.-H., Lai, F. (2012). E-Health and Healthcare Enterprise Information System Leveraging Service-Oriented Architecture. *Telemedicine and E-Health*, 18 (3), 205–212. doi: <https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0100>
- Omar, W. M., Taleb-Bendiab, A. (2006). E-health support services based on service-oriented architecture. *IT Professional*, 8 (2), 35–41. doi: <https://doi.org/10.1109/mitp.2006.32>
- Cloud Computing Services – Amazon Web Services (AWS)*. Available at: <https://aws.amazon.com/>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S. et al. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2 (4), 230–243. doi: <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Lopez-Jimenez, F., Attia, Z., Arruda-Olson, A. M., Carter, R., Chareonthaitawee, P., Jouni, H. et al. (2020). Artificial Intelligence in Cardiology: Present and Future. *Mayo Clinic Proceedings*, 95 (5), 1015–1039. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.01.038>
- Darcy, A. M., Louie, A. K., Roberts, L. W. (2016). Machine Learning and the Profession of Medicine. *JAMA*, 315 (6), 551–552. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2015.18421>
- Murff, H. J., FitzHenry, E., Matheny, M. E., Gentry, N., Kotter, K. L., Crimin, K. et al. (2011). Automated Identification of Postoperative Complications Within an Electronic Medical Record Using Natural Language Processing. *JAMA*, 306 (8). doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1204>
- Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K. et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25 (1), 24–29. doi: <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2016). *Deep Learning*. Cambridge: The MIT Press.
- Miotto, R., Li, L., Kidd, B. A., Dudley, J. T. (2016). Deep Patient: An Unsupervised Representation to Predict the Future of Patients from the Electronic Health Records. *Scientific Reports*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/srep26094>
- Jagannatha, A. N., Yu, H. (2016). Structured prediction models for RNN based sequence labeling in clinical text. *Proc Conf Empir Methods Nat Lang Process*, 856–865. doi: <https://doi.org/10.18653/v1/d16-1082>
- Jagannatha, A. N., Yu, H. (2016). Bidirectional RNN for medical event detection in electronic health records. *Proc Conf. of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. San Diego, 473–482. doi: <https://doi.org/10.18653/v1/n16-1056>
- Shickel, B., Tighe, P. J., Bihorac, A., Rashidi, P. (2018). Deep EHR: A Survey of Recent Advances in Deep Learning Techniques for Electronic Health Record (EHR) Analysis. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22 (5), 1589–1604. doi: <https://doi.org/10.1109/jbhi.2017.2767063>
- Meiliana, A., Dewi, N. M., Wijaya, A. (2019). Artificial Intelligence in Healthcare. *The Indonesian Biomedical Journal*, 11 (2), 125–135. doi: <https://doi.org/10.18585/inabj.v11i2.844>
- Beltrami, E. J., Brown, A. C., Salmon, P. J. M., Leffell, D. J., Ko, J. M., Grant-Kels, J. M. (2022). Artificial intelligence in the detection of skin cancer. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 87 (6), 1336–1342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2022.08.028>

23. Petrenko, A., Kyslyi, R., Pysmennyi, I. (2018). Designing security of personal data in distributed health care platform. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (42)), 10–15. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.141299>
24. Petrenko, A., Kyslyi, R., Pysmennyi, I. (2018). Detection of human respiration patterns using deep convolution neural networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (94)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139997>
25. Kaur, J. (2023). *Generative AI in Healthcare and its Uses*. Complete Guide. Available at: <https://www.xenonstack.com/blog/generative-ai-healthcare>
26. Gangoly, K. (2023). *The Role of Generative AI in Healthcare*. Available at: <https://www.mantralabsglobal.com/the-role-of-generative-ai-in-healthcare/>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284998

INCREASING THE ACCURACY OF HANDWRITING TEXT RECOGNITION IN MEDICAL PRESCRIPTIONS WITH GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

pages 18–22

Oleg Yakovchuk, Assistant, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: olegyakovchuk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9842-9790>

Maksym Vasin, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1903-9874>

The object of the research is a system for recognizing handwritten text in medical prescriptions. The peculiarities of handwriting, the variety of calligraphy styles, as well as the specificity of medical prescriptions, create many problems and challenges for recognition algorithms, causing errors and reducing recognition accuracy.

The work presents a new system with additional components of post-processing the recognition results to increase the accuracy of the final results. An algorithm for combining words into lines and blocks is proposed, which makes it possible to group words while preserving contextual connections between them. Also, a generative neural network with a large language model is used to analyze the recognition result and correct possible errors. The results of the testing show an improvement in recognition accuracy by 0.13 %. Successful cases of generative artificial intelligence usage are analyzed, as well as examples of the results deterioration, that are related to grammatical errors in the initial input data.

The obtained results show the use of generative artificial intelligence as an additional step for processing the recognition results really can improve the accuracy of text recognition systems. The results of the study can be used for further experiments to improve recognition results in other tasks related to text recognition and in related fields.

Keywords: handwriting recognition, generative artificial intelligence, recognition algorithms, deep neural networks.

References

1. Baniulyte, G., Rogerson, N., Bowden, J. (2023). Evolution – removing paper and digitising the hospital. *Health and Techno-*

- logy*, 13 (2), 263–271. doi: <https://doi.org/10.1007/s12553-023-00740-8>
2. Dhar, D., Garain, A., Singh, P. K., Sarkar, R. (2020). HP_DocPres: a method for classifying printed and handwritten texts in doctor's prescription. *Multimedia Tools and Applications*, 80 (7), 9779–9812. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10151-w>
3. Hucka, M. (2022). *Caltechlibrary/handprint: Release 1.5.6 (v1.5.6)*. CaltechDATA. doi: <https://doi.org/10.22002/D1.20059>
4. Schmidt, R. (2019). *Recurrent Neural Networks (RNNs): A gentle Introduction and Overview*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.05911>
5. Graves, A., Fernández, S., Gomez, F., Schmidhuber, J. (2006). Connectionist temporal classification. *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning – ICML'06*. doi: <https://doi.org/10.1145/1143844.1143891>
6. Yakovchuk, O., Cherneha, A., Zhelezniakov, D., Zaytsev, V. (2020). Methods for Lines and Matrices Segmentation in RNN-based Online Handwriting Mathematical Expression Recognition Systems. *2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp47368.2020.9204273>
7. Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., Sutskever, I. (2019) *Language Models are Unsupervised Multitask Learners*. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Language-Models-are-Unsupervised-Multitask-Learners-Radford-Wu/9405cc0d6169988371b2755e573cc28650d14dfe>
8. Child, R., Gray, S., Radford, A., Sutskever, I. (2019). *Generating Long Sequences with Sparse Transformers*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.10509>
9. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N. (2017). *Attention Is All You Need*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>
10. Brown, B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M. (2020). *Language Models are Few-Shot Learners*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/2005.14165.pdf>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286278

A REVIEW OF PRACTICE OF USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS FOR NEURAL NETWORK SYNTHESIS AND TRAINING

pages 22–26

Bohdan Hirianskyi, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: giryanskibogdan@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6580-7268>

Bogdan Bulakh, PhD, Associate Professor, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-6101>

The object of this research is the application of evolutionary algorithms for the synthesis and training of neural networks. The paper aims to select and review the existing experience on using evolutionary algorithms as competitive methods to conventional approaches in neural network training and creation, and to evaluate such existing solutions for further development of this field.

The essence of the obtained results lies in the successful application of genetic algorithms in conjunction with neural

networks to optimize parameters, architecture, and weight coefficients of the networks. The genetic algorithms allowed improving the performance and accuracy of neural networks, especially in cases where backpropagation algorithms faced difficulties in finding optimal solutions.

These results can be attributed to the fact that genetic algorithms are efficient methods for global optimization in parameter space. They help avoid local minima and discover more reliable and stable solutions. The obtained findings can be practically utilized to enhance the performance and quality of neural networks in various classification and prediction tasks. The use of genetic algorithms enables the selection of optimal weight coefficients, network connections, and identification of significant features from the dataset. However, they come with the limitation of additional time costs for evaluating the entire population according to the selection criteria.

It is worth noting that the application of genetic algorithms is not a universal method for all tasks, and the algorithm parameters should be individually tuned for each specific problem. Further research could focus on refining the combination methods of genetic algorithms and neural networks, as well as exploring their application in new domains and tasks.

Keywords: neural networks, evolutionary algorithms, genetic algorithms, hybrid approach, optimization neural network architecture.

References

- Hawkins, D. M. (2003). The Problem of Overfitting. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 44 (1), 1–12. doi: <https://doi.org/10.1021/ci0342472>
- Geman, S., Bienenstock, E., Doursat, R. (1992). Neural Networks and the Bias/Variance Dilemma. *Neural Computation*, 4 (1), 1–58. doi: <https://doi.org/10.1162/neco.1992.4.1.1>
- Hanin, B. (2018). Which neural net architectures give rise to exploding and vanishing gradients? *Advances in neural information processing systems*, 31.
- Hu, X., Chu, L., Pei, J., Liu, W., Bian, J. (2021). Model complexity of deep learning: a survey. *Knowledge and Information Systems*, 63 (10), 2585–2619. doi: <https://doi.org/10.1007/s10115-021-01605-0>
- Basic Learning Principles of Artificial Neural Networks (2007). *Foreign-Exchange-Rate Forecasting With Artificial Neural Networks*, 27–37. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-71720-3_2
- Katoch, S., Chauhan, S. S., Kumar, V. (2020). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 80 (5), 8091–8126. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
- Miller, G. F., Todd, P. M., Hegde, S. U. (1989). Designing neural networks using genetic algorithms. *Proceedings of the third international conference on Genetic algorithms*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 379–384.
- Cho, S.-B. (1999). Pattern recognition with neural networks combined by genetic algorithm. *Fuzzy Sets and Systems*, 103 (2), 339–347. doi: [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00232-2](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00232-2)
- Chang, E. I., Lippmann, R. (1990). *Using Genetic Algorithms to Improve Pattern Classification Performance*. NIPS.
- Schizas, C. N., Pattichis, C. S., Middleton, L. T. (1992). Neural networks, genetic algorithms and the K-means algorithm: in search of data classification. *Proceedings COGANN-92: International Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks*. Baltimore, 201–222. doi: <https://doi.org/10.1109/cogann.1992.273938>
- Schaffer, J. D., Whitley, D., Eshelman, L. J. (1992). Combinations of genetic algorithms and neural networks: a survey of the state of the art. *Proceedings COGANN-92: International Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks*. doi: <https://doi.org/10.1109/cogann.1992.273950>
- Cantu-Paz, E., Kamath, C. (2005). An Empirical Comparison of Combinations of Evolutionary Algorithms and Neural Networks for Classification Problems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 35 (5), 915–927. doi: <https://doi.org/10.1109/tsmcb.2005.847740>
- Chiroma, H., Noor, A. S. M., Abdulkareem, S., Abubakar, A. I., Hermawan, A., Qin, H., Hamza, M. F., Herawan, T. (2017). Neural Networks Optimization through Genetic Algorithm Searches: A Review. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 11 (6), 1543–1564. doi: <https://doi.org/10.18576/amis/110602>
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*.
- Mirjalili, S. (2019). Evolutionary Algorithms and Neural Networks. *Studies in Computational Intelligence*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93025-1>
- Sharma, D. K., Hota, H. S., Brown, K., Handa, R. (2021). Integration of genetic algorithm with artificial neural network for stock market forecasting. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13 (S2), 828–841. doi: <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01209-5>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286382

COMPARISON OF FUZZY SEARCH ALGORITHMS BASED ON DAMERAU-LEVENSHTEIN AUTOMATA ON LARGE DATA

pages 27–32

Kyrylo Kleshch, Assistant, Postgraduate Student, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: kleshch.kirill@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8133-3086>

Volodymyr Shablii, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5113-3572>

The object of research is fuzzy search algorithms based on Damerau-Levenshtein automata and Levenshtein automata. The paper examines and compares solutions based on finite state machines for efficient and fast finding of words and lines with a given editing distance in large text data using the concept of fuzzy search.

Fuzzy search algorithms allow finding significantly more relevant results than standard explicit search algorithms. However, such algorithms usually have a higher asymptotic complexity and, accordingly, work much longer.

Fuzzy text search using Damerau-Levenshtein distance allows taking into account common errors that the user may have made in the search term, namely: character substitution, extra character, missing character, and reordering of characters. To use a finite automaton, it is necessary to first construct it for a specific input word and edit distance, and then perform a search on that automaton, discarding words that the automaton will not accept. Therefore, when choosing an algorithm, both phases should be taken into account. This is because building a machine can take a long time.

To speed up one of the machines, SIMD instructions were used, which gave a speedup of 1–10 % depending on the number of search words, the length of the search word and the editing distance.

The obtained results can be useful for use in various industries where it is necessary to quickly and efficiently perform fuzzy search in large volumes of data, for example, in search engines or in autocorrection of errors.

Keywords: fuzzy search, Levenshtein automaton, Damerau-Levenshtein distance, editing distance, finite state machines.

References

1. Navarro, G. (2001). A guided tour to approximate string matching. *ACM Computing Surveys*, 33 (1), 31–88. doi: <https://doi.org/10.1145/375360.375365>
2. Schulz, K. U., Mihov, S. (2002). Fast string correction with Levenshtein automata. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 5 (1), 67–85. doi: <https://doi.org/10.1007/s10032-002-0082-8>
3. Boytsov, L. (2011). Indexing methods for approximate dictionary searching. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 16. doi: <https://doi.org/10.1145/1963190.1963191>
4. *Damerau-Levenshtein distance*. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/damerau-levenshtein-distance/>
5. Snášel, V., Kepřt, A., Abraham, A., Hassanien, A. E. (2009). Approximate String Matching by Fuzzy Automata. *Man-Machine Interactions*. Berlin, Heidelberg: Springer, 281–290. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-00563-3_29
6. Baeza-Yates, R., Navarro, G., Hirschberg, D., Myers, G. (Eds.) (1996). A faster algorithm for approximate string matching. *Combinatorial Pattern Matching. CPM 1996. Lecture Notes in Computer Science. Vol 1075*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-61258-0_1
7. Girijamma, H. A., Ramaswamy, H. A. V. (2009). An extension of Myhill Nerode Theorem for Fuzzy Automata. *Advances in Fuzzy Mathematics*, 4 (1), 41–47.
8. Ramon Garitagoitia, J., Gonzalez de Mendivil, J. R., Echanobe, J., Javier Astrain, J., Farina, F. (2003). Deformed fuzzy automata for correcting imperfect strings of fuzzy symbols. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 11 (3), 299–310. doi: <https://doi.org/10.1109/tfuzz.2003.812682>
9. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. (2022). *Introduction to Algorithms*. MIT Press, 1312.
10. Mihov, S., Schulz, K. U. (2004). Fast Approximate Search in Large Dictionaries. *Computational Linguistics*, 30 (4), 451–477. doi: <https://doi.org/10.1162/0891201042544938>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286472

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CODE CLONE DETECTION IN SOURCE CODE BASED ON ABSTRACT SYNTAX TREE

pages 33–36

Yevhenii Kubiuk, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: eugen.kubiuk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-0976>

Gennadiy Kyselov, PhD, Department of System Design, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2682-3593>

The object of research of this work is the algorithm for searching for duplicates in the program code based on the Abstract Syntax Tree (AST). The main tasks solved within the framework of this study are the detection of duplicate code and the search for vulnerabilities in the program code.

The obtained results showed that the proposed algorithm is resistant to type 1 and 2 clones, which means its effectiveness in detecting similar code fragments with identical or variant text. However, for type 3 and 4 clones, the algorithm may show less efficiency due to the change in the AST structure for these types of clones.

Experimental studies of the proposed algorithm showed that the algorithm can detect matches between unrelated files due to the presence of typical AST chains present in many programs. This can lead to a certain level of false positives in the detection of duplicates.

Testing of the algorithm in the task of finding vulnerabilities showed that:

1. The best recognition is observed for the «SQL injection» vulnerability, but it also has the highest number of false positives.
2. Memory leak and null pointer dereferencing vulnerabilities are detected with equal effectiveness and false positives.
3. «Buffer overflow» has the lowest recognition rate but fewer false positives compared to «SQL injection».

The study showed that the use of AST allows for the effective detection of duplicate code and vulnerabilities in the software code. The developed tool can help software developers reduce maintenance efforts, improve code quality, and ensure software product security.

Keywords: clone detection, abstract syntax tree, AST, hashing, vulnerability search, false alarms.

References

1. Koschke, R. (2007). Survey of research on software clones. *In Dagstuhl Seminar Proceedings. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik*. doi: <https://doi.org/10.4230/DagSem-Proc.06301.13>
2. Kim, M., Bergman, L., Lau, T., Notkin, D. (2004). An ethnographic study of copy and paste programming practices in OOP. *Proceedings. 2004 International Symposium on Empirical Software Engineering. ISESE'04*, 83–92. doi: <https://doi.org/10.1109/isese.2004.1334896>
3. Ain, Q. U., Butt, W. H., Anwar, M. W., Azam, F., Maqbool, B. (2019). A Systematic Review on Code Clone Detection. *IEEE Access*, 7, 86121–86144. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2918202>
4. Kal Viertel, F. P., Brunotte, W., Strüber, D., Schneider, K. (2019). Detecting Security Vulnerabilities using Clone Detection and Community Knowledge. *International Conferences on Software Engineering and Knowledge Engineering*, 245–324. doi: <https://doi.org/10.18293/seke2019-183>
5. Nishi, M. A., Damevski, K. (2018). Scalable code clone detection and search based on adaptive prefix filtering. *Journal of Systems and Software*, 137, 130–142. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.039>
6. Kaliuzhna, T., Kubiuk, Y. (2022). Analysis of machine learning methods in the task of searching duplicates in the software code. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (66)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263235>
7. Singh, M., Sharma, V. (2015). Detection of File Level Clone for High Level Cloning. *Procedia Computer Science*, 57, 915–922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.509>

8. Yang, Y., Ren, Z., Chen, X., Jiang, H. (2018). Structural function based code clone detection using a new hybrid technique. *2018 IEEE 42nd annual computer software and applications conference (COMPSAC)*, 1, 286–291. doi: <https://doi.org/10.1109/compsac.2018.00045>
9. NVD. Available at: <https://nvd.nist.gov/> Last accessed: 22.07.2023
10. Li, Z., Zou, D., Xu, S., Ou, X., Jin, H., Wang, S. et al. (2018). VulDeePecker: A Deep Learning-Based System for Vulnerability Detection. *Proceedings 2018 Network and Distributed System Security Symposium*. doi: <https://doi.org/10.14722/ndss.2018.23158>
11. Chrenousov, A., Savchenko, A., Osadchyi, S., Kubiuk, Y., Kostenko, Y., Likhomanov, D. (2019). Deep learning based automatic software defects detection framework. *Theoretical and Applied Cybersecurity*, 1 (1). doi: <https://doi.org/10.20535/tacs.2664-29132019.1.169086>
12. Appel, A. W. (2015). Verification of a Cryptographic Primitive. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 37 (2), 1–31. doi: <https://doi.org/10.1145/2701415>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286516

THE IMPROVEMENT OF THE INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR FORECASTING NON-LINEAR NON-STATIONARY PROCESSES

pages 37–46

Petro Bidiuk, Doctor of Technical Science, Professor, Department of the Mathematical Methods of System Analysis, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7421-3565>

Tetyana Prosyankina-Zharova, PhD, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9623-8771>, e-mail: t.p Truman@gmail.com

Valerii Diakon, PhD, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2314-8188>

Dmytro Diakon, Postgraduate Student, Department of Application Informatics, Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6826-7455>

The paper is focused on solving the modern scientific and applied problem related to development and practical use in Decision Support Systems (DSS) of information technologies directed towards forecasting of non-linear non-stationary processes (NNP) that take place in economy and finances as well as in many other areas of activities. Thus, object of study are non-linear non-stationary processes taking place in economy and financial sphere.

The basic problem of the study is development of new mathematical models and methods of analysis and forecasting

non-linear non-stationary processes in economy and finances, improvement of information decision support technologies that would help to enhance quality of forecast estimates and respective decisions in conditions of uncertainties and risk. The methods given in the paper are used for automatizing the process of intellectual data analysis that describe the processes under study and automatizing model constructing procedures.

As a result of the study performed the information technology was developed to be used in DSS based upon system analysis principles, taking into consideration possible data uncertainties, regression and intellectual data analysis. The technology provides for constructing adequate models of the process under study and computing high quality forecast estimates. The particular feature of the approach proposed is that it provides for high quality of experimental results due to taking into consideration special features of non-linear non-stationary processes that take place in various spheres of activities and their evolution is influenced by many specific factors.

The use of the technology proposed in decision support systems of enterprises, state governmental organs, and local self-government will create basis for effective solving the tasks of governing development of non-linear non-stationary processes that take place in many spheres of activities. The approaches proposed in the paper can be used in practice as separately as well as parts of existing information systems at enterprises and organizations.

Keywords: forecasting, non-linear non-stationary processes, decision support system, data uncertainty, system analysis principles.

References

1. De Gooijer, J. G. (2017). *Elements of Nonlinear Time Series Analysis and Forecasting*. Cham: Springer, 618. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43252-6>
2. Amendola, A., Francq, C. (2009). Concepts of and tools for Nonlinear Time-Series Modelling. *Handbook of Computational Econometrics*. Muenchen: MPRA, 377–427. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470748916.ch10>
3. Chai, S., Du, M., Chen, X., Chu, W. (2020). A Hybrid Forecasting Model for Nonstationary and Nonlinear Time Series in the Stochastic Process of CO₂ Emission Trading Price Fluctuation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8978504>
4. Moffat, I. U., Akpan, E. A. (2019). Selection of Heteroscedastic Models: A Time Series Forecasting Approach. *Applied Mathematics*, 10 (5), 333–348. doi: <https://doi.org/10.4236/am.2019.105024>
5. Gustafsson, O. (2020). *Some contributions to heteroscedastic time series analysis and computational aspects of Bayesian VARs*. Stockholm University.
6. Stepchenko, A., Chizhov, J., Aleksejeva, L., Tolujev, J. (2017). Nonlinear, Non-stationary and Seasonal Time Series Forecasting Using Different Methods Coupled with Data Preprocessing. *Procedia Computer Science*, 104, 578–585. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.175>
7. Ruxanda, G., Opincariu, S., Ionescu, S. (2019). Modelling non-stationary financial time series with input warped Student T-Processes. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, XXII (3), 51–61.
8. Dahlhaus, R. (1997). Fitting time series models to nonstationary processes. *The Annals of Statistics*, 25 (1). doi: <https://doi.org/10.1214/aos/1034276620>

9. Tjøstheim, D. (2020). Some notes on nonlinear cointegration: A partial review with some novel perspectives. *Econometric Reviews*, 39 (7), 655–673. doi: <https://doi.org/10.1080/07474938.2020.1771900>
10. Wen, J., Li, Y., Wang, J., Sun, W. (2022). Nonstationary Process Monitoring Based on Cointegration Theory and Multiple Order Moments. *Processes*, 10 (1), 169. doi: <https://doi.org/10.3390/pr10010169>
11. Zeevi, A., Meir, R., Adler, R. J. (1999). *Non-Linear Models for Time Series Using Mixtures of Autoregressive Models*.
12. Chan, N., Wang, Q. (2015). Nonlinear regressions with nonstationary time series. *Journal of Econometrics*, 185 (1), 182–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.04.025>
13. Halva, H., Hyvarinen, A. (2020). Hidden Markov nonlinear ICA: unsupervised learning from nonstationary time series. *36th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)*, 124, 939–948.
14. Liu, T., Chen, S., Li, K., Gan, S., Harris, C. J. (2023). Adaptive Multioutput Gradient RBF Tracker for Nonlinear and Nonstationary Regression. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1109/tcyb.2023.3235155>
15. Sichko, T., Neskorodieva, T., Rymar, P. (2022). Methods and models of decision-making in uncertain conditions. *Computer Systems and Information Technologies*, 3, 47–51. doi: <https://doi.org/10.31891/csit-2021-5-6>
16. Sarukhan, J., Whyte, A. (Eds.) (2005). Recognizing Uncertainties in Evaluating Responses. *Whyte Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses*. Washington, Covelo, London: Island press, 266. Available at: http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
17. Rounsevell, M. D. A., Arneth, A., Brown, C., Cheung, W. W. L., Gimenez, O., Holman, I. et al. (2021). Identifying uncertainties in scenarios and models of socio-ecological systems in support of decision-making. *One Earth*, 4 (7), 967–985. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.06.003>
18. Dewulf, A., Biesbroek, R. (2018). Nine lives of uncertainty in decision-making: strategies for dealing with uncertainty in environmental governance. *Policy and Society*, 37 (4), 441–458. doi: <https://doi.org/10.1080/14494035.2018.1504484>
19. Holsapple, C. W., Winston, A. B. (1996). *Decision Support Systems*. Saint Paul: West Publishing Company, 850.
20. Turban, E., Aronson, J. E. (2001). *Decision Support Systems*. New Jersey: Prentice Hall, 865.
21. Islam, A. M. A., Vatn, J. (2023). Condition-based multi-component maintenance decision support under degradation uncertainties. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. doi: <https://doi.org/10.1007/s13198-023-01900-9>
22. Bidiuk, P., Tymoshchuk, O., Kovalenko, A., Korshevniuk, L. (2022). *Systemy i metody pidtrymky pryiniattia rishen*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 610.
23. Al Eid, A. A., Yavuz, U. (2022). The Effect of Using Decision Support Systems Applications and Business Intelligence Systems in Making Strategic Decisions: A Field Study in the City of Gaziantep. *Global Journal of Economics and Business*, 12 (2), 256–273. doi: <https://doi.org/10.31559/gjeb2022.12.2.8>
24. Wang, J., Yu, C., Zhang, J. (2019). Constructing the regional intelligent economic decision support system based on fuzzy C-mean clustering algorithm. *Soft Computing*, 24 (11), 7989–7997. doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04091-3>
25. Borra, S., Dey, N., Bhattacharyya, S., Bouhlel, M. S. (Eds.) (2019). Intelligent decision support systems. *Intelligent Decision Support Systems: Applications in Signal Processing*. Berlin, Boston: De Gruyter, 183. doi: <https://doi.org/10.1515/9783110621105>
26. Zghurovskyi, M. Z., Bidiuk, P. I., Terentiev, O. M., Prosiankina-Zharova, T. I. (2015). *Baiiesivski merezhi v systemakh pidtrymky pryiniattia rishen*. Kyiv: TOV «Vydavnyche pidpriemstvo «Edelveis», 300.
27. Jia, T., Wang, C., Tian, Z., Wang, B., Tian, F. (2022). Design of Digital and Intelligent Financial Decision Support System Based on Artificial Intelligence. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/1962937>
28. Jung, D., Tran Tuan, V., Quoc Tran, D., Park, M., Park, S. (2020). Conceptual Framework of an Intelligent Decision Support System for Smart City Disaster Management. *Applied Sciences*, 10 (2), 666. doi: <https://doi.org/10.3390/app10020666>
29. Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256>
30. Yazan, D. M., van Capelleveen, G., Fraccascia, L. (2022). Decision-Support Tools for Smart Transition to Circular Economy. *Smart Industry – Better Management*, 151–169. doi: <https://doi.org/10.1108/s1877-636120220000028010>
31. Alasiri, M. M., Salameh, A. A. (2020). The impact of business intelligence (BI) and decision support systems (DSS): exploratory study. *International Journal of Management*, 11 (5), 1001–1016.
32. Wojcik, W., Smolarz, A. (Eds.) (2017). *Information Technology in Medical Diagnostics*. London: CRC Press/Balkema, 209. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315098050>
33. Le Pontois, S., Jaillot, M. (2021). Activating Creativity in Situations of Uncertainty: The Role of Third Spaces. *Journal of Innovation Economics & Management*, 36 (3), 33–62. doi: <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0102>
34. Rutkowsky, L. (2005). *Metody i Techniki Sztucznej Inteligencji*. Warszawa: PWN, 520.
35. Sugumaran, V. (2002). *Intelligent Support Systems Technology: Knowledge Management*. London: IRM Press, 318.
36. Semar-Bitah, K., Tarabet, C., Mouzai, M., Chetibi, A. (2019). Scalable Proposed Decision Support System. *Proceedings of the 9th International Conference on Information Systems and Technologies*. doi: <https://doi.org/10.1145/3361570.361613>
37. Gembarski, P. C., Plappert, S., Lachmayer, R. (2021). Making design decisions under uncertainties: probabilistic reasoning and robust product design. *Journal of Intelligent Information Systems*, 57 (3), 563–581. doi: <https://doi.org/10.1007/s10844-021-00665-6>
38. Morris, J., Reilly, J., Paltsev, S., Sokolov, A., Cox, K. (2022). Representing Socio-Economic Uncertainty in Human System Models. *Earth's Future*, 10 (4). doi: <https://doi.org/10.1029/2021ef002239>
39. Cunha, M. da C. (2023). Water and Environmental Systems Management Under Uncertainty: From Scenario Construction to Robust Solutions and Adaptation. *Water Resources Management*, 37 (6-7), 2271–2285. doi: <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03429-9>
40. Pole, A., West, M., Harrison, J. (1994). *Applied Bayesian Forecasting and Time Series Analysis*. Boca Raton: Chapman&Hall, 408.
41. SAS Institute. Available at: https://www.sas.com/ru_ua/home.html

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284544

THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE SECURITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS USING ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS

pages 47–50

Andrii Shyshatskyi, PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Computerized Management Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: ierikon13@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Tetiana Stasiuk, Lecturer, Cyclic Commission of General Education Disciplines, Sergeant Military College, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8434-1853>

Viacheslav Filipov, Associate Professor, Department of Combat Use of Communication Units, Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7854-6693>

Oleksii Nalapko, PhD, Senior Research Fellow, Scientific-Research Laboratory of Automation of Scientific Researches, Central Scientifically-Research Institute of Armaments and Military Equipments of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3515-2026>

Nadiia Protas, PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0943-0587>

Dmytro Berezanskyi, Researcher, Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1842-3749>

Michael Zinchenko, Head of Scientific Research Department, The Scientific Center for Communication and Informatization, Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1428-8231>

Oleksandr Sovik, Chief Researcher, Scientific and Research Management, Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4356-8790>

Vasily Makarchuk, Senior Research Fellow, Scientific and Research Department, Scientific Center of Communication and Informatization, Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-4684>

Vitaliy Nechyporuk, PhD, Associate Professor, Department of Computerized Management Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3580-9953>

Ensuring the security of complex technical systems of various functional purposes requires a constant search for new scientific and practical approaches in order to ensure its proper level against a growing list of new risks and threats. Nowadays, no state in the world is able to work on the creation and implementation of artificial intelligence in isolation from others. Artificial intelligence technologies are actively used to solve both general and highly specialized tasks in various spheres of society. The problem of synthesis of management of complex technological processes is an urgent task in management theory. A promising direction in the design of such complex ones is the use of bio-inspired algorithms that are effectively used while solving optimization tasks.

Thus, the object of research is complex technical systems. The subject of research is the state security of complex technical systems. The research developed a method for assessing the security of complex technical systems using artificial immune systems. The novelty of the proposed method consists in:

- taking into account while calculating the correction factor for the degree of uncertainty about the state of a complex technical system;
- reducing computing costs while assessing the state of a complex technical system;
- improved implementation of procedures for solving the task of influencing relationships in a complex technical system;
- creating a multi-level and interconnected description of hierarchical complex technical systems;
- the possibility of performing calculations with source data that are different in nature and units of measurement. It is advisable to implement the mentioned technique in specialized software, which is used to analyze the state of complex technical systems and make decisions.

Keywords: security of complex technical systems, artificial immune systems, uncertainty of the state of complex technical systems.

References

1. Shevchenko, A. I., Baranovskyi, S. V., Bilokobylskyi, O. V., Bodianskyi, Ye. V., Bomba, A. Ya. et al.; Shevchenko, A. I. (Ed.) (2023). *Stratehiia rozvytku shchuchmoho intelektu v Ukraini*. Kyiv: IPShI, 305.
2. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system z'v'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1 (5), 35–40.
3. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
4. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salmikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
5. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskyi, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 78–89. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>

6. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05
7. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsia: UNIVERSUM, 320.
8. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
9. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
10. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
11. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
12. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
13. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
14. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
15. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. doi: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
16. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivnyi podkhod k imitatsionnomu modelirovaniu slozhnykh sistem. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskie nauki*, 3, 239–250.
17. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5 (11), 32–41. doi: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286614

A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE ELECTRONIC FARE COLLECTION SYSTEMS EFFECTIVENESS IMPLEMENTATION ON PUBLIC TRANSIT AND PROSPECTIVE DIRECTIONS OF ITS APPLICATION IN UKRAINE

pages 51–54

Denys Ponkratov, Doctor of Technical Science, Associate Professor, Department of Transport Systems and Logistics, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, e-mail: dponkratov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-040X>

Denys Kopytkov, PhD, Associate Professor, Department of Transport Systems and Logistics, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7861-4836>

Victor Dolya, Doctor of Technical Science, Professor, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3496-0037>

The object of research is the effectiveness of the implementation of electronic fare collection systems on public transit. Applying the electronic fare collection systems is a general trend in improving public transport services for users. In the pre-war period, the systems began to be implemented in many cities of Ukraine. At the same time, this activity was not of a systemic nature and at the current stage it is mainly considered as a means of ensuring more convenient conditions for the use of scheduled passenger transport services for passengers. The article focuses on a broader understanding of the effectiveness of the fare collection systems implementation, their role in ensuring the internal integration of the multi-modal public transport system, increasing the operational efficiency, providing the safety of transportation and increasing the attractiveness of public transit services for the population as a real alternative for the private cars to use. The implementation efficiency of the electronic fare collection systems in public transit should be expressed through various aspects. There are 9 aspects to be considered: system integration; comfort ensuring; transportation safety assistance; operational efficiency and passengers' travel time reduction; integration into the management and planning systems; implementation of the flexible fare system; conduction of the flexible fare policy; development of reasonable income distribution system; increase of the scheduled passenger transport services attractiveness. It is suggested to use systemic approach for integrated multimodal public transit system creation. It requires the development of an intelligent transport system that would integrate separate functions of the electronic fare collection system into controlling, managing and planning subsystems. The practical introduction of the solutions proposed regarding the prospects to develop electronic fare collection systems in the cities of Ukraine will make it possible to increase the efficiency of their use and contribute to the improvement of the quality of transport services for passengers.

Keywords: public transit, electronic fare collection systems, smart card, fare system, integrated transport system.

References

1. Hora, J., Dias, T. G., Camanho, A., Sobral, T. (2017). Estimation of Origin-Destination matrices under Automatic Fare Collection: the case study of Porto transportation system. *Transportation Research Procedia*, 27, 664–671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.103>
2. Pelletier, M.-P., Trépanier, M., Morency, C. (2011). Smart card data use in public transit: A literature review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19 (4), 557–568. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.12.003>
3. Kim, H., Farooqi, M., Mesbah, J. (2018). Applications of transit smart cards beyond a fare collection tool: a literature review. *Advances in Transportation Studies*, 45, 107–122.
4. Mohamed, K., Côme, E., Baro, J., Oukhellou, L. (2014). Understanding passenger patterns in public transit through smart

- card and socioeconomic data. *ACM SIGKDD Workshop on Urban Computing*.
5. Morency, C., Trépanier, M., Agard, B. (2007). Measuring transit use variability with smart-card data. *Transport Policy*, 14 (3), 193–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.01.001>
 6. Ma, X., Wu, Y.-J., Wang, Y., Chen, F., Liu, J. (2013). Mining smart card data for transit riders' travel patterns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 36, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.07.010>
 7. Zhao, J., Zhang, F., Tu, L., Xu, C., Shen, D., Tian, C., Li, X.-Y., Li, Z. (2017). Estimation of Passenger Route Choice Pattern Using Smart Card Data for Complex Metro Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18 (4), 790–801. doi: <https://doi.org/10.1109/tits.2016.2587864>
 8. Arbex, R., Cunha, C. B. (2020). Estimating the influence of crowding and travel time variability on accessibility to jobs in a large public transport network using smart card big data. *Journal of Transport Geography*, 85, 102671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102671>
 9. Bieler, M., Skretting, A., Budinger, P., Gronli, T.-M. (2022). Survey of Automated Fare Collection Solutions in Public Transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23 (9), 14248–14266. doi: <https://doi.org/10.1109/tits.2022.3161606>
 10. Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A.-M., Ebrahimigharehbaghi, S., González, M. J. A., Narayan, J. (2017). Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges. *Urban Planning*, 2 (2), 13–25. doi: <https://doi.org/10.17645/up.v2i2.931>

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285543

ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНИХ СИМУЛЯЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ BULLET ТА OPENCL сторінки 6–9**Безносик О. Ю., Сиротюк О. В.**

Дослідження зосереджується на використанні комп'ютерного кластеру для реалізації фізичних симуляцій в реальному часі, відповідаючи на зростаючу потребу в такому використанні у різних сферах, включаючи медицину, обробку відео, автоматизоване керування транспортом, робототехніку та візуалізацію. Об'єктом дослідження є кластерні та хмарні технології для проведення фізичних симуляцій, що мають велику вартість для окремих галузей, особливо високобюджетних та розважальних, як кінематографія та інтерактивні розваги.

Методи дослідження включають використання модифікованого рушія Bullet для проведення фізичних симуляцій, інтегрованого з OpenCL для роботи з кластером. Вибір цих технологій обумовлений їх високою продуктивністю та адаптивністю до кластерних систем. Дослідження проводилось на основі стандартної для фреймворку Bullet бенчмарк-сцени падіння вежі, з метою вимірювання продуктивності обчислень в кадрах за секунду.

Результати показали, що використання кластерів не є доцільним при малій пропускній спроможності мережі та використанні неоднорідних вузлів. За таких умов, симуляції з використанням кластеру стають нестабільними на великій кількості об'єктів і контактів між ними та показують деградацію швидкодії в середньому на 50–60 % (до значень в 10–20 кадрів за секунду).

Незважаючи на посередні результати обрахунків на кластері, дослідження виправдало очікування в рамках заданих цілей та наявних ресурсів. Ці результати мають велике значення для подальшого розвитку кластерних та хмарних технологій у фізичних симуляціях, надаючи важливу інформацію про обмеження та можливості цих систем.

Ключові слова: 3D простір, неперервний простір, вирішення колізій, знаходження колізій, розподілені обчислення, високонавантажено обчислення.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285935

УЗАГАЛЬНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ПРИКЛАДАМИ ПРО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГАЛУЗІ E-HEALTH сторінки 10–17**Петренко А. І., Болобан О. А.**

Об'єктом дослідження є шляхи впровадження сервіс-орієнтованого підходу (SOA) та технологій штучного інтелекту (AI) в сучасних системах охорони здоров'я. Узагальнення цих шляхів дозволить впоратися зі складними сучасними викликами, такими як збільшення попиту на медичні послуги, зростання обсягів даних та необхідність у високоякісному та ефективному лікуванні. На цей напрямлена дана робота.

Сфера e-Health швидко набуває популярності та поєднує в собі багато різноманітних систем. Але через велику кількість інструментарію та постачальників систем в архітектурі є проблема, що різні системи складно або взагалі не можуть бути інтегровані та поєднані між собою.

Показано, що використання SOA дозволяє розбити складні системи на окремі сервіси, які можуть взаємодіяти між собою для забезпечення швидкої та точної обробки даних, ефективного управління лікарськими ресурсами та поліпшення якості надання медичних послуг. AI може використовуватися для аналізу великого обсягу медичних даних, прогнозування ризиків, діагностики захворювань та розробки індивідуальних планів лікування. Застосування AI в системах охорони здоров'я допомагає підвищити точність діагностики, зменшити час лікування та покращити результати пацієнтів. Важлива синергія SOA і AI в системах охорони здоров'я, коли SOA надає засоби для інтеграції різноманітних AI-рішень, що дозволяє забезпечити взаємодію різних сервісів та обмін даними для забезпечення ефективного лікування та спільної роботи між медичними фахівцями та системами штучного інтелекту. Таке розподілення систем надає змогу масштабувати їх без впливу на інші сервіси, що вже працюють. Тому з'являється можливість використати уніфіковані протоколи передачі даних та поєднати різні сервіси в одну систему без кардинальної зміни кодової бази та побудови додаткових шарів абстракції для взаємодії між сервісами, що не можуть бути поєднані в одній системі. Розглянуті приклади використання SOA та AI в сучасних системах охорони здоров'я для покращення якості медичних послуг, оптимізації ресурсів та забезпечення індивідуального та ефективного підходу до лікування пацієнтів, які можуть бути використані на наступних етапах медичної реформи в Україні.

Ключові слова: сервіс-орієнтований підхід, слабкий зв'язок, веб-сервіси, штучний інтелект, машинне навчання, натільні сенсори, дистанційний моніторинг.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284998

ЗБІЛЬШЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ В ЛІКАРСЬКИХ РЕЦЕПТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ сторінки 18–22**Яковчук О. К., Васін М. С.**

Об'єктом дослідження в цій роботі є система розпізнавання рукописного тексту в лікарських рецептах. Особливості рукописного написання, різноманітності почерків та стилів, а також специфіка лікарських рецептів створюють багато проблем та викликів для алгоритмів розпізнавання, що спричиняє виникнення помилок та зменшення точності розпізнавання.

В роботі представлено нову систему з додатковими компонентами пост-обробки результатів розпізнавання для збільшення точності кінцевих результатів. Запропоновано алгоритм об'єднання слів у лінії та блоки, що дає змогу згрупувати слова, зберігаючи контекстні зв'язки між ними. Також використано генеративну нейронну мережу з великою мовною моделлю для аналізу результату розпізнавання та виправлення можливих помилок. Результати тестування показали покращення точності розпізнавання на 0.13 %.

Проведено аналіз успішних випадків роботи генеративного штучного інтелекту, а також наведено приклади погіршення результатів, які пов'язані з граматичними помилками в початкових вхідних даних.

Отримані результати показують, що використання генеративного штучного інтелекту як додаткового кроку для обробки результатів розпізнавання дійсно може покращити якість систем для обробки та розпізнавання тексту. Результати дослідження можуть бути використані для подальших експериментів з покращенням результатів розпізнавання в інших задачах, пов'язаних з розпізнаванням тексту, та в суміжних сферах.

Ключові слова: розпізнавання рукописного тексту, генеративний штучний інтелект, алгоритми розпізнавання, глибокі нейронні мережі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286278

РОЗГЛЯД ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ ТА НАВЧАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ сторінки 22–26

Гірякський Б. П., Булах Б. В.

Об'єктом дослідження є практика використання еволюційних алгоритмів для синтезу та навчання нейронних мереж. Робота направлена на пошук результатів використання генетичних алгоритмів як конкурентних методів для звичних підходів у навчанні та тестуванні нейронних мереж та оцінці таких рішень задля подальшого розвитку даної теми.

Суть отриманих результатів полягає в успішному застосуванні генетичних алгоритмів (ГА) у поєднанні з нейронними мережами для оптимізації параметрів, архітектури та вагових коефіцієнтів мереж. ГА дозволили покращити продуктивність та точність нейромереж, особливо у випадках, коли алгоритми зворотного поширення похибки мали труднощі зі знаходженням оптимальних розв'язків.

Ці результати можуть бути пояснені тим, що генетичні алгоритми є ефективним методом для глобального пошуку оптимальних розв'язків у просторі параметрів. Вони дозволяють уникнути локальних мінімумів та знаходити більш надійні та стабільні розв'язки. Отримані результати можуть бути використані на практиці для покращення продуктивності та якості нейромереж у різних завданнях класифікації та прогнозування. Використання генетичних алгоритмів дозволяє підібрати оптимальні параметри вагових коефіцієнтів, зв'язків між вузлами мережі та виокремити важливіші ознаки із набору даних, але при цьому вони мають обмеження у вигляді додаткових затрат часу на перевірку всієї популяції на відповідні критерії добору.

Варто враховувати, що використання ГА не є універсальним методом для всіх задач, тому параметри алгоритмів слід налаштовувати індивідуально під кожну конкретну задачу. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методів комбінації генетичних алгоритмів та нейромереж, а також їхнього застосування у нових областях та задачах.

Ключові слова: нейронні мережі, еволюційні алгоритми, генетичні алгоритми, гібридний підхід, оптимізаційна архітектура нейронної мережі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286382

ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОГО ПОШУКУ НА ОСНОВІ АВТОМАТА ДАМЕРАУ-ЛЕВЕНШТЕЙНА НА ВЕЛИКИХ МАСИВАХ ДАНИХ сторінки 27–32

Клещ К. О., Шаблій В. С.

Об'єктом дослідження є алгоритми нечіткого пошуку на основі автоматів Дамерау-Левенштейна та автоматів Левенштейна. В роботі розглянуто та порівняно між собою рішення на основі скінчених автоматів для ефективного та швидкого знаходження слів та рядків із заданою відстанню редагування у великих текстових даних при використанні концепції нечіткого пошуку.

Алгоритми нечіткого пошуку дозволяють знаходити значно більше релевантних результатів, ніж стандартні алгоритми чіткого пошуку. Проте такі алгоритми зазвичай мають більшу асимптотичну складність і відповідно працюють набагато довше.

Нечіткий пошук в тексті з використанням відстані Дамерау-Левенштейна дозволяє враховувати поширені помилки, які користувач міг допустити в пошуковому слові, а саме: заміна символу, додатковий символ, пропущений символ та змінений порядок символів. Для використання скінченого автомата необхідно спочатку побудувати його для певного вхідного слова та певної відстані редагування, а потім виконати пошук по цьому автоматі, відкидаючи слова, які автомат не буде приймати. Тому при виборі алгоритму, слід враховувати обидві фази. Це пояснюється тим, що побудова автомата може займати багато часу. Для пришвидшення одного з автоматів були використані SIMD інструкції, що дало прискорення на 1–10 % в залежності від кількості пошукових слів, довжини пошукового слова та відстані редагування.

Отримані результати можуть бути корисними для використання в різних галузях, де потрібно швидко та ефективно проводити нечіткий пошук у великих обсягах даних, наприклад, в пошукових системах або при автокорекції помилок.

Ключові слова: нечіткий пошук, автомат Левенштейна, відстань Дамерау-Левенштейна, відстань редагування, скінчені автомати.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286472

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПОШУКУ ДУБЛІКАТІВ В ПРОГРАМНОМУ КОДІ НА БАЗІ АБСТРАКТНОГО СИНТАКСИЧНОГО ДЕРЕВА сторінки 33–36

Куб'юк Є. Ю., Кисельов Г. Д.

Об'єктом дослідження даної роботи є алгоритм пошуку дублікатів в програмному коді на базі абстрактного синтаксичного дерева (Abstract Syntaxes Tree – AST). Головними задачами, що вирішувалися в рамках даного дослідження, є виявлення дублікатів коду та пошук вразливостей в програмному коді.

Отримані результати показали, що запропонований алгоритм є стійким до клонів типу 1 та 2, що означає його ефективність у виявленні схожих фрагментів коду з ідентичним або варіативним текстом. Проте, для клонів типу 3 та 4, алгоритм може показувати меншу ефективність через зміну структури AST для цих типів клонів.

Експериментальні дослідження запропонованого алгоритму показали, що алгоритм може виявляти співпадіння між непов'язаними файлами через наявність типових ланцюжків AST, що присутні у багатьох програмах. Це може призводити до певного рівня помилкових сигналів (False-Positive) у виявленні дублікатів.

Тестування алгоритму в задачі пошуку вразливостей показало, що:

1. Найкраще розпізнавання спостерігається для вразливості «SQL-ін'єкція», але вона також має найбільшу кількість помилкових сигналів.

2. Вразливості «виток пам'яті» та «розмінування нульового вказівника» розпізнаються з однаковою ефективністю та помилковими сигналами.

3. «Переповнення буферу» має найнижчий показник розпізнавання, але меншу кількість помилкових сигналів порівняно з «SQL-ін'єкцією».

Дослідження показало, що використання AST дозволяє ефективно виявляти дублікати коду та вразливості в програмному коді. Розроблений інструмент може допомогти розробникам програмного забезпечення зменшити зусилля з обслуговування, покращити якість коду та забезпечити безпеку програмного продукту.

Ключові слова: виявлення клонів, абстрактне синтаксичне дерево, AST, хешування, пошук вразливостей, помилкові сигнали.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286516

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ сторінки 37–46

Бідюк П. І., Просяюкіна-Жарова Т. І., Дякон В. М., Дякон Д. В.

Робота присвячена перспективній науково-прикладній задачі розроблення та використання у системах підтримки прийняття рішень інформаційних технологій прогнозування нелінійних нестационарних процесів (ННП), що мають місце в економіці та фінансах, а також у багатьох інших галузях діяльності. Таким чином, об'єктом дослідження є нелінійні нестационарні процеси, що мають місце в економіці та фінансовій сфері.

Основним напрямком дослідження є створення нових математичних моделей та методів аналізу та прогнозування нелінійних нестационарних процесів в економіці та фінансах, удосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень, що дозволить підвищити якість оцінок прогнозів та відповідних рішень в умовах невизначеності та ризику. Методи, що представлені в роботі, призначені для автоматизації процесу інтелектуального аналізу даних, що описують досліджувані процеси, та автоматизації процедур побудови моделей.

В результаті виконаних досліджень запропоновано інформаційну технологію, призначену для використання у системах підтримки прийняття рішень, побудованих на основі системного підходу, врахування невизначеностей, регресійного та інтелектуального аналізу даних, що забезпечує побудову адекватних моделей досліджуваних процесів і отримання високоякісних оцінок прогнозів. Особливістю пропонованого підходу, яка дозволяє забезпечувати якість отримуваних результатів є те, що в ній враховано особливості нелінійних нестационарних процесів, що мають місце у різних сферах діяльності, адже вони мають особливості розвитку та протікають під впливом багатьох специфічних факторів.

Використання такої технології в системах підтримки прийняття рішень як підприємств, так і органів державного управління та місцевого самоврядування створюватиме підґрунтя для вирішення завдань управління розвитком досліджуваних нелінійних нестационарних процесів, що протікають у багатьох сферах діяльності. Підходи, пропоновані в роботі, можуть бути використані на практиці як окремо, так і в складі існуючих інформаційних систем підприємств, установ, організацій.

Ключові слова: прогнозування, нелінійні нестационарні процеси, система підтримки прийняття рішень, невизначеність даних, принципи системного аналізу.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284544

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ЗАХИЩЕНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ ІМУННИХ СИСТЕМ сторінки 47–50

Шишацький А. В., Стасюк Т. О., Філіпов В. В., Налалко О. Л., Протас Н. М., Березанський Д. О., Зікченко М. О., Совік О. В., Макарчук В. І., Нечипорук В. В.

Забезпечення захищеності складних технічних систем різноманітного функціонального призначення вимагає постійного пошуку нових наукових та практичних підходів з метою забезпечення її належного рівня від зростаючого переліку нових ризиків та загроз. На сьогодні жодна держава у світі не спроможна ізолювати від інших працювати над створенням і впровадженням штучного інтелекту. Технології штучного інтелекту активно застосовуються для вирішення як загальних та вузькоспеціалізованих завдань в різних галузях діяльності суспільства. Проблема синтезу управління складними технологічними процесами є актуальним завданням у теорії управління. Перспективним напрямом при проектуванні подібних складних систем є застосування біоінспірованих алгоритмів, що ефективно використовуються під час вирішення оптимізаційних завдань.

Отже, об'єктом дослідження є складні технічні системи. Предметом дослідження є захищеність стану складних технічних систем. В дослідженні проведено розробку методу оцінки захищеності складних технічних систем з використанням штучних імунних систем. Новизна запропонованого методу полягає у:

- врахуванні при розрахунках корегульованого коефіцієнту на ступінь невизначеності про стан складної технічної системи;
- зменшенні обчислювальних витрат при оцінюванні стану складної технічної системи;
- удосконаленні процедури реалізації процедури вирішення завдання впливу взаємозв'язків в складній технічній системі;
- створенні багаторівневого та взаємопов'язаного опису ієрархічних складних технічних систем;

– можливості проведення розрахунків з вихідними даними, що є різні за природою та одиницями вимірювання. Зазначену методику доцільно реалізувати у спеціалізованому програмному забезпеченні, яке використовується для аналізу стану складних технічних систем та прийнятті рішень.

Ключові слова: захищеність складних технічних систем, штучні імунні системи, невизначеність стану складних технічних систем.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286614

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ОПЛАТИ ЗА ПРОЇЗД НА МІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЇХНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ сторінки 51–54

Понкратов Д. П., Копитков Д. М., Доля В. К.

Об'єктом дослідження є ефективність впровадження систем електронного збору плати за проїзд у громадському транспорті. Застосування системи електронного збору плати за проїзд є загальною тенденцією покращення обслуговування користувачів громадським транспортом. У довоєнний період системи почали впроваджувати в багатьох містах України. Водночас ця діяльність не мала системного характеру і на сучасному етапі розглядається переважно як засіб забезпечення більш зручних умов користування пасажирами послугами маршрутного пасажирського транспорту. Дана робота зосереджена на ширшому розумінні ефективності впровадження систем збору за проїзд, їх ролі у забезпеченні внутрішньої інтеграції мультимодальної системи громадського транспорту, підвищенні ефективності роботи, забезпеченні безпеки перевезень та підвищенні привабливості громадського транспорту, послуги для населення як реальна альтернатива користуванню приватним авто. Ефективність впровадження електронних систем збору плати за проїзд у громадському транспорті має виражатися через різні аспекти. Необхідно розглянути 9 аспектів: системна інтеграція; забезпечення комфорту; допомога в безпеці транспортування; ефективність роботи та скорочення часу пасажирів у дорозі; інтеграція в системи управління та планування; впровадження гнучкої системи оплати проїзду; проведення гнучкої тарифної політики; розвиток розумної системи розподілу доходів; підвищення привабливості послуг маршрутного пасажирського транспорту. Запропоновано застосування системного підходу під час формування інтегрованої мультимодальної системи громадського транспорту. Рішення цього завдання потребує розробки інтелектуальної транспортної системи, яка б інтегрувала окремі функції електронної системи оплати проїзду в підсистеми контролю, управління та планування. Практичне впровадження запропонованих рішень щодо перспектив розвитку електронних систем оплати проїзду в містах України дасть змогу підвищити ефективність їх використання та сприятиме покращенню якості транспортних послуг для пасажирів.

Ключові слова: громадський транспорт, електронні системи збору плати за проїзд, смарт-карта, система оплати проїзду, інтегрована транспортна система.