

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228644

DEVELOPMENT OF AN IMAGE SEGMENTATION MODEL BASED ON A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (p. 6–15)**Bogdan Knysh**

Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6779-4349>**Yaroslav Kulyk**

Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8327-8259>

This paper has considered a model of image segmentation using convolutional neural networks and studied the process efficiency based on models involving training the deep layers of convolutional neural networks. There are objective difficulties associated with determining the optimal characteristics of neural networks, so there is an issue related to retraining the neural network. Eliminating retraining by determining the optimal number of epochs only would not suffice since it does not provide high accuracy.

The requirements for the set of images for training and model verification were defined. These requirements are best met by the image sets PASCAL VOC (United Kingdom) and NVIDIA-Aerial Drone (USA).

It has been established that AlexNet (Canada) is a trained model and could perform image segmentation while object recognition reliability is insufficient. Therefore, there is a need to improve the efficiency of image segmentation. It is advisable to use the AlexNet architecture to build a specialized model, which, by changing the parameters and retraining some layers, would allow for a better process of image segmentation.

Five models have been trained using the following parameters: learning speed, the number of epochs, optimization algorithm, the type of learning speed change, a gamma coefficient, a pre-trained model.

A convolutional neural network has been developed to improve the accuracy and efficiency of image segmentation. Optimal neural network training parameters have been determined: learning speed is 0.0001, the number of epochs is 50, a gamma coefficient is 0.1, etc. An increase in accuracy by 3% was achieved, which makes it possible to assert the correctness of the choice of the architecture for the developed network and the selection of parameters. That allows this network to be used for practical tasks related to image segmentation, in particular for devices with limited computing resources.

Keywords: image processing, image segmentation, convolutional neural networks, unmanned aerial vehicle.

References

- Bilinskiy, Y. Y., Knysh, B. P., Kulyk, Y. A. (2017). Quality estimation methodology of filter performance for suppression noise in the mathcad package. Herald of Khmelnytskyi national university, 3, 125–130. Available at: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/23238/47857.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Kurugollu, F., Sankur, B., Harmanci, A. E. (2001). Color image segmentation using histogram multithresholding and fusion. Image and Vision Computing, 19 (13), 915–928. doi: [https://doi.org/10.1016/s0262-8856\(01\)00052-x](https://doi.org/10.1016/s0262-8856(01)00052-x)
- Wang, H., Oliensis, J. (2010). Generalizing edge detection to contour detection for image segmentation. Computer Vision and Image Understanding, 114 (7), 731–744. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2010.02.001>
- Felzenszwalb, P. F., Huttenlocher, D. P. (2004). Efficient Graph-Based Image Segmentation. International Journal of Computer Vision, 59 (2), 167–181. doi: <https://doi.org/10.1023/b:visi.0000022288.19776.77>
- Chitade, A. Z., Katiyar, S. K. (2010). Colour based image segmentation using k-means clustering. International Journal of Engineering Science and Technology, 2 (10), 5319–5325. Available at: https://www.researchgate.net/publication/50361273_Color_based_image_segmentation_using_K-means_clustering
- Bishop, C. M. (1995). Neural Networks for Pattern Recognition. Clarendon Press, 482. Available at: <http://people.sabanciuniv.edu/berrin/cs512/lectures/Book-Bishop-Neural%20Networks%20for%20Pattern%20Recognition.pdf>
- Chaudhuri, D., Agrawal, A. (2010). Split-and-merge Procedure for Image Segmentation using Bimodality Detection Approach. Defence Science Journal, 60 (3), 290–301. doi: <https://doi.org/10.14429/dsj.60.356>
- Keuchel, J., Schnorr, C. (2003). Efficient Graph Cuts for Unsupervised Image Segmentation using Probabilistic Sampling and SVD-based Approximation. University of Mannheim. Available at: https://madoc.bib.uni-mannheim.de/1805/1/2003_9.pdf
- Chen, L.-C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., Yuille, A. L. (2015). Semantic image segmentation with deep convolutional nets and fully connected CRFs. arXiv.org. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1412.7062.pdf>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. NIPS'12: Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems, 1097–1105. Available at: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf>
- Sytnyk, V. F. (2004). Systemy pidtrymky pryiniattia rishen. Kyiv: KNEU, 614. Available at: <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/sppr1.pdf>
- Shelhamer, E., Long, J., Darrell, T. (2017). Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 39 (4), 640–651. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2016.2572683>
- Semantic Segmentation with SegNet. Available at: <https://github.com/dusty-nv/jetson-inference/blob/master/docs/segnet-dataset.md>
- Saxena, S. (2021). Introduction to The Architecture of Alexnet. Analytics Vidhya. Available at: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/03/introduction-to-the-architecture-of-alexnet/>
- How to do Semantic Segmentation using Deep learning. Available at: <https://nanonets.com/blog/how-to-do-semantic-segmentation-using-deep-learning>
- Kingma, D. P., Ba, J. (2015). Adam: a method for stochastic optimization. arXiv.org. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf>
- Solovey, D. (2017). Terrain Classification from High Resolution Aerial Images Using Deep Learning. Available at: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997257919/Resumo_174132.pdf
- Audebert, N., Le Saux, B., Lefèvre, S. (2017). Segment-before-Detect: Vehicle Detection and Classification through Semantic Segmentation of Aerial Images. Remote Sensing, 9 (4), 368. doi: <https://doi.org/10.3390/rs9040368>
- Aeroscapes. Aerial Semantic Segmentation Benchmark. Available at: <https://github.com/ishann/aeroscapes>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228695

DEVISING AN ENTROPY-BASED APPROACH FOR IDENTIFYING PATTERNS IN MULTILINGUAL TEXTS (p. 16–22)**Gulnur Yerkebulan**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8317-1758>**Valentina Kulikova**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8198-2672>**Vladimir Kulikov**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6352-0949>**Zaru Kulsharipova**Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6170-099X>

Even though the plagiarism identification issue remains relevant, modern detection methods are still resource-intensive. This paper reports a more efficient alternative to existing solutions.

The devised system for identifying patterns in multilingual texts compares two texts and determines, by using different approaches, whether the second text is a translation of the first or not. This study's approach is based on Renyi entropy.

The original text from an English writer's work and five texts in the Russian language were selected for this research. The real and "fake" translations that were chosen included translations by Google Translator and Yandex Translator, an author's book translation, a text from another work by an English writer, and a fake text. The fake text represents a text compiled with the same frequency of keywords as in the authentic text.

Upon forming a key series of high-frequency words for the original text, the relevant key series for other texts were identified. Then the entropies for the texts were calculated when they were divided into "sentences" and "paragraphs".

A Minkowski metric was used to calculate the proximity of the texts. It underlies the calculations of a Hamming distance, the Cartesian distance, the distance between the centers of masses, the distance between the geometric centers, and the distance between the centers of parametric means.

It was found that the proximity of texts is best determined by calculating the relative distances between the centers of parametric means (for "fake" texts – exceeding 3, for translations – less than 1).

Calculating the proximity of texts by using the algorithm based on Renyi entropy, reported in this work, makes it possible to save resources and time compared to methods based on neural networks. All the raw data and an example of the entropy calculation on php are publicly available.

Keywords: Google Translator, YandexTranslator, Renyi entropy, Minkowski metric, Hamming distance.

References

- Imran, M. (2020). Advantages of Neural Networks - Benefits of AI and Deep Learning. Folio3. Available at: <https://www.folio3.ai/blog/advantages-of-neural-networks/>
- Hanlon, J. (2017). Why is so much memory needed for deep neural networks? Graphcore. Available at: <https://www.graphcore.ai/posts/why-is-so-much-memory-needed-for-deep-neural-networks>
- Yu, J., Chen, R., Xu, L., Wang, D. (2019). Concept extraction for structured text using entropy weight method. 2019 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). doi: <https://doi.org/10.1109/iscc47284.2019.8969759>
- Shi, Y., Lei, L. (2020). Lexical Richness and Text Length: An Entropy-based Perspective. Journal of Quantitative Linguistics, 1–18. doi: <https://doi.org/10.1080/09296174.2020.1766346>
- Kouyama, N., Köppen, M. (2019). Entropy Analysis of Questionable Text Sources by Example of the Voynich Manuscript. Soft Computing in Data Science, 3–13. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0399-3_1
- Authorship Proven by Mathematics Burrow's Delta helps determine the real author of And Quiet Flows the Don. IQ: Research and Education Website. Available at: <https://iq.hse.ru/news/367813734.html>
- Bubnov, V. A., Survilo, A. V. (2016). Comparative Computer Analysis of the Text the Novel «The Quiet Don» with Texts of Four Fyodor Kryukov's Stories. Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya, 1, 60–69. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-kompyuternyy-analiz-teksta-romana-tihiy-don-s-tekstami-chetyreh-rasskazov-fydora-kryukova/viewer>
- Zhao, Y., Zhang, J., Zong, C., He, Z., Wu, H. (2019). Addressing the Under-Translation Problem from the Entropy Perspective. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33, 451–458. doi: <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.3301451>
- Bromiley, P., Thacker, N., Bouhova-Thacker, E. (2010). Shannon Entropy, Renyi Entropy, and Information. TINA. Available at: https://www.academia.edu/32317926/Shannon_Entropy_Renyi_Entropy_and_Information
- Investigation of distances between sets of entropies. Available at: <http://102030.kz/entropyR2.php>
- Word and Character Counter. Available at: <https://countwords-free.com/>
- Russian stemming algorithm. Available at: <http://snowball.tartarus.org/algorithms/russian/stemmer.html>
- The Porter Stemming Algorithm. Available at: <https://tartarus.org/martin/PorterStemmer/>
- XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends. Available at: <https://www.apachefriends.org/index.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228219

DEVISING A METHOD FOR RECOGNIZING THE CAUSES OF DEVIATIONS IN THE DEVELOPMENT OF THE PLANT ALOE ARBORESCENS L. USING MACHINE LEARNING CAPABILITIES (p. 23–31)**Gulnar Kim**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8402-8323>**Alexandr Demyanenko**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5698-8140>**Alexey Savostin**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5057-2942>**Kainizhamal Iklassova**Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>

This paper considers the process of developing a method to recognize the causes of plant growth deviations from normal using the advancements in artificial intelligence. The medicinal plant *Aloe arborescens* L. was chosen as the object of this research given that this plant had been for decades one of the best-selling new products in the world. *Aloe arborescens* L. is famous for its medicinal properties used in medicine, cosmetology, and even the food industry. Diagnosing the abnormalities in the plant development in a timely and accurate manner plays an important role in preventing the loss of crop production yields.

The current study has built a method for recognizing the causes of abnormalities in the development of *Aloe arborescens* L. caused by a lack of watering or lighting, based on the use of transfer training of the VGG-16 convolutional neural network (United Kingdom). A given architecture is aimed at recognizing objects in images, which is the main reason for using it to achieve the goal set.

The analysis of the quality metrics of the proposed image classification process by specified classes has revealed high recognition reliability (for a normally developing plant, 91 %; for a plant without proper watering, 89 %; and for a plant without proper lighting, 83 %). The analysis of the validity of test sample recognition has demonstrated a similar validity of the plant's classification to one of three classes: 92.6 %; 87.5 %; and 85.5 %, respectively.

The results reported here make it possible to supplement the automated systems that control the mode parameters of hydroponic installations by the world's major producers with the main feedback on the deviation of the plant's development from the specified values.

Keywords: neural network, machine learning, hydroponic systems, image recognition, *Aloe arborescens* L.

References

- Tikhomirova, L. I., Bazarnova, N. G., Il'icheva, T. N., Sysoeva, A. V. (2016). Process for the preparation of medicinal plants of *Potentilla alba* (*Potentilla alba* L.) under hydroponics. *Chemistry of Plant Raw Material*, 3, 59–66. doi: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2016031228>
- Vardanyan, A. P. (2009) Sopryazhennyy metod kul'tury in vitro i gidroponiki dlya sohraneniya prirodnykh resursov *Hypericum perforatum*. *Flora, rastitel'nost' i rastitel'nye resursy Armenii*, 17, 108–110. Available at: <http://takhtajania.asj-oa.am/392/>
- Dorais, M., Papadopoulos, A. P., Luo, X., Leonhart, S., Gosselin, A., Pedneault, K. et. al. (2001). Soilless Greenhouse Production of Medicinal Plants in North Eastern Canada. *Acta Horticulturae*, 554, 297–304. doi: <https://doi.org/10.17660/actahortic.2001.554.32>
- Ustanovka "Podsolnuh". Available at: <https://gidroponika.com/content/view/330/142/>
- AeroFlo 14. Available at: <https://www.gidroponika.su/g/gidroponnye-ustanovki/ghe-sistema/aeroflo-14-kupit.html>
- Kim, G., Demyanenko A. (2019). A review of automated hydroponic systems of the main world manufacturers. *VESTNIK KazNRTU*, 4 (134), 370–376. Available at: <https://official.satbayev.university/download/document/12092/%D0%92%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%9D%D0%98%D0%9A-2019%20%E2%84%964.pdf>
- Villanueva, M. B., Salenga, M. L. M. (2018). Bitter Melon Crop Yield Prediction using Machine Learning Algorithm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9 (3). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.090301>
- Türkoğlu, M., Hanbay, D. (2019). Plant disease and pest detection using deep learning-based features. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27 (3), 1636–1651. doi: <https://doi.org/10.3906/elk-1809-181>
- Amara, J., Bouaziz, B., Algergawy, A. (2017). A Deep Learning-based Approach for Banana Leaf Diseases Classification. *Conference: Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW 2017)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 79–88. Available at: <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/944/paper09.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ishikawa, T., Hayashi, A., Nagamatsu, S., Kyutoku, Y., Dan, I., Wada, T. et. al. (2018). Classification of strawberry fruit shape by machine learning. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, 463–470. doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-463-2018>
- Ullah, A., Mohd Nawi, N., Arifianto, A., Ahmed, I., Aamir, M., Khan, S. N. (2019). Real-Time Wheat Classification System for Selective Herbicides Using Broad Wheat Estimation in Deep Neural Network. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9 (1), 153. doi: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.1.5031>
- Wang, H., Li, G., Ma, Z., Li, X. (2012). Application of neural networks to image recognition of plant diseases. *2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icsai.2012.6223479>
- ChandraKarmokar, B., Samawat Ullah, M., Kibria Siddiquee, M., Md. Rokibul Alam, K. (2015). Tea Leaf Diseases Recognition using Neural Network Ensemble. *International Journal of Computer Applications*, 114 (17), 27–30. doi: <https://doi.org/10.5120/20071-1993>
- Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S. et. al. (2015). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115 (3), 211–252. doi: <https://doi.org/10.1007/s11263-015-0816-y>
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86 (11), 2278–2324. doi: <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60 (6), 84–90. doi: <https://doi.org/10.1145/3065386>
- LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521 (7553), 436–444. doi: <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Srivastava, R. K., Greff, K., Schmidhuber, J. (2015). Training Very Deep Networks. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1507.06228.pdf>
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D. et. al. (2015). Going deeper with convolutions. *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7298594>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.90>
- Du, W., Rao, N., Liu, D., Jiang, H., Luo, C., Li, Z. et. al. (2019). Review on the Applications of Deep Learning in the Analysis of Gastrointestinal Endoscopy Images. *IEEE Access*, 7, 142053–142069. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2944676>
- VGG16 model for Keras. Available at: <https://gist.github.com/baraldilorenzo/07d7802847aaad0a35d3>
- Large Scale Visual Recognition Challenge 2012. Available at: <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/>
- Keras. Available at: <https://keras.io/>
- TensorFlow. Available at: <https://www.tensorflow.org/>
- Theano. Available at: <https://github.com/Theano/Theano>
- The Microsoft Cognitive Toolkit (2017). Available at: <https://docs.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit>
- NVIDIA cuDNN. Available at: <https://developer.nvidia.com/cudnn>
- Nikolenko, S., Kadurin, A., Arhangel'skaya, E. (2018). *Glubokoe obuchenie*. Sankt-Peterburg: Piter, 480.
- Kingma, D. P., Ba, J. (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. *International Conference on Learning Representations*. *arXiv*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229983

IMPROVING A METHOD FOR SELECTING INFORMATION TECHNOLOGY SERVICES (p. 32–43)**Aleksandr Petrychenko**Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-5041>**Ihor Levykin**Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8086-237X>**Ivan Iuriev**Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5178-519X>

The main purpose of modern information systems (IS) is to support the procedures of controlling many business processes (BP) of an enterprise. At the same time, due to a weak formalization of BP, processes of development, reengineering of various service-oriented IS and IT services are a complex problem.

To address this problem, the task to improve the method for choosing IT services that meet an assigned set of functional and non-functional limitations was stated. The specific features of the original method for choosing IT services were analyzed, its main shortcomings were identified. The model of the BP precedent was modified to establish the relationship between descriptions of the precedent, functional requirements, and the used IT services. The method for selecting IT services for the IS was improved by adding the functions of requirements analysis and searching for descriptions of IT services that partially meet the stated functional requirements. In the method, the adaptive linear associator of the mADALIN neuron was used to quantify the degree of match of the functional requirement and the description of the function of the IT service. These proposals were the basis for the improved method for selecting the IT service that best fits the set of constraints that are formed.

Based on the result of the conducted research, an experimental test of the improved method for selecting an IT service to solve the problem of automation of the activities of sale force of the electronic policy OSAGO was carried out. The information technology implementing the original method for choosing IT services was compared to the improved method. It was shown that the improved method makes it possible to identify situations of a match of functional requirements of a customer and the descriptions of IT services. This makes it possible to select those IT services that match the functional requirements to a degree above the assigned minimum limit.

Keywords: information technology, selection of services, functional requirement, precedent, adaptive linear associator.

References

- Bibershteyn, N., Bouz, S., Fiammant, M., Dzhons, K., Sha, R. (2007). *Kompas v mire servis-orientirovannoy arhitektury (SOA)*. Moscow: Kudits-press, 256.
- SOA: plyusy i minusy. Gotovy li kompanii k SOA-arhitekture? (2009). *Sistemnyy administrator*, 10 (83). Available at: <http://samag.ru/archive/article/892>
- Sharova, E. N. (2018). Plyusy i minusy servis-orientirovannoy arhitektury. BI-tehnologii i korporativnye informatsionnye sistemy v optimizatsii biznes-protssessov. *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy ochno-zaochnoy konferentsii*. Ekaterinburg, 29–31.
- Top 10 criteria for selecting a managed services provider. How cloud and managed services help IT deliver business value (2017). IBM Global Technology Services. Available at: <https://www.ibm.com/downloads/cas/5GKMXAYZ>
- 9 Steps for Selecting the Right IT Service Provider. ITSM tools. Available at: <https://itsm.tools/9-steps-for-selecting-the-right-it-service-provider/>
- GOST R ISO/MEK 20000-1-2013. Information technology. Service management. Part 1. Service management system requirements (2014). Moscow: Standartinform, 24.
- Reiff-Marganiec, S., Tilly, M. (Eds.) (2012). *Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties: Future Directions*. IGI Global, 613. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-61350-432-1>
- Bekkouche, A., Benslimane, S. M., Huchard, M., Tibermacine, C., Hadjila, F., Merzoug, M. (2017). QoS-aware optimal and automated semantic web service composition with user's constraints. *Service Oriented Computing and Applications*, 11 (2), 183–201. doi: <https://doi.org/10.1007/s11761-017-0205-1>
- Viriyasitavat, W. (2016). Multi-criteria selection for services selection in service workflow. *Journal of Industrial Information Integration*, 1, 20–25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.003>
- Wang, C., Ma, H., Chen, G. (2019). Using EDA-Based Local Search to Improve the Performance of NSGA-II for Multiobjective Semantic Web Service Composition. *Database and Expert Systems Applications*, 434–451. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27618-8_32
- Driss, M., Aljehani, A., Boulila, W., Ghandorh, H., Al-Sarem, M. (2020). Servicing Your Requirements: An FCA and RCA-Driven Approach for Semantic Web Services Composition. *IEEE Access*, 8, 59326–59339. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2982592>
- Yuriev, I. O. (2019). *Metody, modeli ta informatsiyna tekhnolohiya upravlinnia systemoiu nadanni IT-servisiv*. Kharkiv, 200.
- Wang, C., Ma, H., Chen, A., Hartmann, S. (2018). Knowledge-Driven Automated Web Service Composition – An EDA-Based Approach. *Web Information Systems Engineering – WISE 2018*, 135–150. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02925-8_10
- Ilieva, G., Yankova, T., Hadjieva, V., Doneva, R., Totkov, G. (2020). Cloud Service Selection as a Fuzzy Multi-criteria Problem. *TEM Journal*, 9 (2), 484–495. doi: <https://doi.org/10.18421/tem92-09>
- Gabi, D., Ismail, A. S., Zainal, A., Zakaria, Z., Abraham, A., Danko, N. M. (2020). Cloud customers service selection scheme based on improved conventional cat swarm optimization. *Neural Computing and Applications*, 32 (18), 14817–14838. doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04834-6>
- Eisa, M., Younas, M., Basu, K., Awan, I. (2020). Modelling and Simulation of QoS-Aware Service Selection in Cloud Computing. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 103, 102108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102108>
- Wang, S., Zhou, A., Yang, F., Chang, R. N. (2020). Towards Network-Aware Service Composition in the Cloud. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 8 (4), 1122–1134. doi: <https://doi.org/10.1109/tcc.2016.2603504>
- Dahan, F., Hindi, K. E., Ghoneim, A., Alsaman, H. (2021). An Enhanced Ant Colony Optimization Based Algorithm to Solve QoS-Aware Web Service Composition. *IEEE Access*, 9, 34098–34111. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3061738>
- Zhang, N. (2021). Service Discovery and Selection Based on Dynamic QoS in the Internet of Things. *Complexity*, 2021, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6642514>
- Yamaguchi, N., Nakazato, H. (2020). Distributed control function selection method for service function chaining in NDN. *CCIoT '20: Proceedings of the Workshop on Cloud Continuum Services for Smart IoT Systems*, 26–31. doi: <https://doi.org/10.1145/3417310.3431397>
- Chaliy, S. F., Levykin, I. V. (2016). The Development of a Generalized Process Model Case-Based Reasoning, the Method of its

Formation and Use. *Control Systems and Computers*, 3, 23–28. doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2016.03.023>

22. Evlanov, M. V., Vasil'tsova, N. V., Nikityuk, V. A. (2011). Formalizovannoe opisaniye usloviy integratsii IT-servisov v informatsionnyy sistemuy upravleniya predpriyatiem. *Visnyk Akademii mlynnoy sluzhby Ukrainy. Seriya: Tekhnichni nauky*, 2 (46), 87–96.
23. Muhamed, S. Q., Mohammed, M. Q., Evlanov, M., Kliuchko, H. (2018). The ADALINE neuron modification for solving the problem on searching for the reusable functions of the information system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (93)), 25–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133670>
24. Levykin, V. M., Iuriev, I. A. (2016). Model selection of the set of IT services for end users. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology*, 45, 78–84.
25. Integrated insurance company automation system «ProfitSoft». Available at: <http://www.profitsoft.ua/dsk.php>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224137

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO ACHIEVE SPEED CONTROL AND POWER SAVING OF A BELT CONVEYOR SYSTEM (p. 44–53)

Israa R. Shareef

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9372-0538>

Hiba K. Hussein

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6389-9696>

According to the importance of the conveyor systems in various industrial and service lines, it is very desirable to make these systems as efficient as possible in their work. In this paper, the speed of a conveyor belt (which is in our study a part of an integrated training robotic system) is controlled using one of the artificial intelligence methods, which is the Artificial Neural Network (ANN).

A vision sensor will be responsible for gathering information about the status of the conveyor belt and parts over it, where, according to this information, an intelligent decision about the belt speed will be taken by the ANN controller. ANN will control the alteration in speed in a way that gives the optimized energy efficiency through the conveyor belt motion. An optimal speed controlling mechanism of the conveyor belt is presented by detecting smartly the parts' number and weights using the vision sensor, where the latter will give sufficient visualization about the system. Then image processing will deliver the important data to ANN, which will optimally decide the best conveyor belt speed. This decided speed will achieve the aim of power saving in belt motion. The proposed controlling system will optimally switch the speed of the conveyor belt system to ON, OFF and idle status in order to minimize the consumption of energy in the conveyor belt.

As the conveyor belt is fully loaded it moves at its maximum speed. But if the conveyor is partially loaded, the speed will be adjusted accordingly by the ANN. If no loading existed, the conveyor will be stopped. By this way, a very significant energy amount in addition to cost will be saved. The developed conveyor belt system will modernize industrial manufacturing lines, besides reducing energy consumption and cost and increasing the conveyor belts lifetime.

Keywords: Conveyor Belt System, Speed Control, Power Saving, Artificial Neural Network (ANN).

References

1. Halepoto, I. A., Shaikh, M. Z., Chowdhry, B. S., Uqaili, Muhammad A. (2016). Design and Implementation of Intelligent Energy

Efficient Conveyor System Model Based on Variable Speed Drive Control and Physical Modeling. *International Journal of Control and Automation*, 9 (6), 379–388. doi: <https://doi.org/10.14257/ijca.2016.9.6.36>

2. Zhang, S., Xia, X. (2010). Optimal control of operation efficiency of belt conveyor systems. *Applied Energy*, 87 (6), 1929–1937. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.01.006>
3. Zhang, S., Xia, X. (2009). A new energy calculation model of belt conveyor. *AFRICON 2009*. doi: <https://doi.org/10.1109/afcon.2009.5308257>
4. Reicks, A. V. (2008). Belt conveyor idler roll behaviours. *Bulk material handling by conveyor belt*. Colorado: SME, 35–40. Available at: [http://www.overlandconveyor.cn/uploadfile/pdf/8-belt-idler-roll-behavior\[1\].pdf](http://www.overlandconveyor.cn/uploadfile/pdf/8-belt-idler-roll-behavior[1].pdf)
5. Mushiri, T., Mbohwa, C. (2016). Design of a Power Saving Industrial Conveyor System. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. Vol. 2. San Francisco. Available at: http://iaeng.org/publication/WCECS2016/WCECS2016_pp942-947.pdf
6. Middelberg, A., Zhang, J., Xia, X. (2009). An optimal control model for load shifting – With application in the energy management of a colliery. *Applied Energy*, 86 (7-8), 1266–1273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.09.011>
7. He, D., Pang, Y., Lodewijks, G. (2016). Determination of Acceleration for Belt Conveyor Speed Control in Transient Operation. *International Journal of Engineering and Technology*, 8 (3), 206–211. doi: <https://doi.org/10.7763/ijet.2016.v8.886>
8. Yang, C., Liu, J., Li, H., Zhou, L. (2018). Energy Modeling and Parameter Identification of Dual-Motor-Driven Belt Conveyors without Speed Sensors. *Energies*, 11 (12), 3313. doi: <https://doi.org/10.3390/en11123313>
9. He, D., Liu, X., Zhong, B. (2020). Sustainable belt conveyor operation by active speed control. *Measurement*, 154, 107458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107458>
10. Windmann, S., Niggemann, O., Stichweh, H. (2015). Energy efficiency optimization by automatic coordination of motor speeds in conveying systems. *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icit.2015.7125185>
11. Reznik, L., Dabke, K. P. (2004). Measurement models: application of intelligent methods. *Measurement*, 35 (1), 47–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2003.08.020>
12. Li, X., Yu, H. (2015). The Design and Application of Control System Based on the BP Neural Network. *Proceedings of the 3rd International Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Systems (ICMEIS 2015)*. doi: <https://doi.org/10.2991/icmeis-15.2015.148>
13. Abbas, N. H., Saleh, B. J. (2016). Design of a Kinematic Neural Controller for Mobile Robots based on Enhanced Hybrid Firefly-Artificial Bee Colony Algorithm. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 12 (1), 45–60. Available at: <https://alkej.uobaghdad.edu.iq/index.php/alkej/article/view/283/278>
14. Faisal, A. A. H., Nassir, Z. S. (2016). Modeling the removal of Cadmium Ions from Aqueous Solutions onto Olive Pips Using Neural Network Technique. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 12 (3), 1–9. Available at: <https://alkej.uobaghdad.edu.iq/index.php/alkej/article/view/303/298>
15. Beale, M. H., Hagan, M. T., Demuth, H. B. (2012). *Neural Network Toolbox™ User's Guide*. The MathWorks, Inc. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.699.4831>
16. Wang, Q., Lu, P. (2019). Research on Application of Artificial Intelligence in Computer Network Technology. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 33 (05), 1959015. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218001419590158>

17. Ballabio, D., Vasighi, M. (2012). A MATLAB toolbox for Self Organizing Maps and supervised neural network learning strategies. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 118, 24–32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2012.07.005>
18. He, D. (2017). Energy saving for belt conveyors by speed control. TRAIL Research School. doi: <https://doi.org/10.4233/uuid:a315301e-6120-48b2-a07b-cabf81ab3279>
19. Ji, J., Miao, C., Li, X., Liu, Y. (2021). Speed regulation strategy and algorithm for the variable-belt-speed energy-saving control of a belt conveyor based on the material flow rate. *PLOS ONE*, 16 (2), e0247279. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247279>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229033

SOLVING A TASK OF COORDINATED CONTROL OVER A SHIP AUTOMATED ELECTRIC POWER SYSTEM UNDER A CHANGING LOAD (p. 54–70)

Vitalii Budashko

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4873-5236>

Valerii Shevchenko

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3229-1909>

This paper reports the synthesis of the main processes for the basic control over a complex technical vessel system. The issue related to the semantics of the description and the method for decomposing management tasks has been proposed to resolve in the context of the synthesis of the program to coordinate control over vessel technical systems and complexes with a sophisticated structure. An example of a five-unit ship's automated electric power system (SAEPS) for the predefined level of generated power, taking into consideration the efficiency criteria, was used to synthesize the algorithms that execute transitions from one level to another while taking into account the pre-emergency and emergency states of SAEPS. The organization of the sequential process of enabling/disabling generator units (GUs) implies developing a program for managing the coordinator's supervisor as part of a distributed two-level hierarchical structure of SAEPS control when the load changes. The sequence of operations to launch, synchronize, transfer the loading, and stop GU is based on the formation of GU optimal composition, the distribution of loads among GUs running in parallel, and the implementation of the program for optimizing the primary engine of the power plant.

The reported principles for constructing GU composition control procedures based on the principle of “rigid and flexible” thresholds have made it possible to build a diagram of adjustment of the time delay in enabling GU dependent on the demanded power. It has been proven that the proposed technique improves the reliability of SAEPS operation as it eliminates possible emergency modes when false control combinations are assigned. Databases on the quantity of GUs, their technical condition, loading, fuel consumption, and environmental parameters have been built. The synthesis of control over a five-unit SAEPS has made it possible to determine the algorithmization procedure based on using an extended data array and simplify the functioning algorithm involved in the operations of choosing the structure for a five-unit SAEPS.

Keywords: efficiency, technical operation, quality, control system, complex.

References

1. Budashko, V., Shevchenko, V. (2021). The synthesis of control system to synchronize ship generator assemblies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (109)), 45–63. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225517>
2. Shevchenko, V. (2018). Optimization of the process of automatic synchronization of ship diesel generators in the deterministic formulation of the problem. *Automation of technological and business processes*, 10 (4), 43–52. doi: <https://doi.org/10.15673/atbp.v10i4.1233>
3. Kulor, F., Markus, E. D., Kanzumba, K. (2021). Design and control challenges of hybrid, dual nozzle gas turbine power generating plant: A critical review. *Energy Reports*, 7, 324–335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.12.042>
4. Heinrich, B., Krause, F., Schiller, A. (2019). Automated planning of process models: The construction of parallel splits and synchronizations. *Decision Support Systems*, 125, 113096. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113096>
5. Kumar, J., Kumpulainen, L., Kauhaniemi, K. (2019). Technical design aspects of harbour area grid for shore to ship power: State of the art and future solutions. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 104, 840–852. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.07.051>
6. Jianyun, Z., Li, C., Lijuan, X., Bin, W. (2019). Bi-objective optimal design of plug-in hybrid electric propulsion system for ships. *Energy*, 177, 247–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.079>
7. Dalheim, Ø. Ø., Steen, S. (2020). Preparation of in-service measurement data for ship operation and performance analysis. *Ocean Engineering*, 212, 107730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107730>
8. Kowalski, J., Krawczyk, B., Woźniak, M. (2017). Fault diagnosis of marine 4-stroke diesel engines using a one-vs-one extreme learning ensemble. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 57, 134–141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.10.015>
9. Nuchturee, C., Li, T., Xia, H. (2020). Energy efficiency of integrated electric propulsion for ships – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110145>
10. Armellini, A., Daniotti, S., Pinamonti, P., Reini, M. (2018). Evaluation of gas turbines as alternative energy production systems for a large cruise ship to meet new maritime regulations. *Applied Energy*, 211, 306–317. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.057>
11. Myrhorod, V., Hvozdeva, I., Budashko, V. (2020). Multi-parameter Diagnostic Model of the Technical Conditions Changes of Ship Diesel Generator Sets. 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP). doi: <https://doi.org/10.1109/paep49887.2020.9240905>
12. Liu, X. F., Wang, Y., Liu, W. H. (2017). Finite element analysis of thermo-mechanical conditions inside the piston of a diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 119, 312–318. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.03.063>
13. Peters, R., Pasel, J., Samsun, R. C., Scharf, F., Tschauder, A., Stolten, D. (2018). Heat exchanger design for autothermal reforming of diesel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43 (26), 11830–11846. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.03.085>
14. Latarche, M. (2021). WinGD (Wärtsilä/Sulzer) low-speed engines. *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines*, 471–537. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102748-6.00016-5>
15. Zhu, D., Zheng, X. (2019). Fuel consumption and emission characteristics in asymmetric twin-scroll turbocharged diesel engine with two exhaust gas recirculation circuits. *Applied Energy*, 238, 985–995. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.188>
16. Prokopowicz, A. K., Berg-Andreassen, J. (2016). An Evaluation of Current Trends in Container Shipping Industry, Very Large Container Ships (VLCSs), and Port Capacities to Accommodate TTIP Increased Trade. *Transportation Research Procedia*, 14, 2910–2919. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.409>

17. Budashko, V., Shevchenko, V. (2018). Synthesis of the Management Strategy of the Ship Power Plant for the Combined Propulsion Complex. 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC). doi: <https://doi.org/10.1109/msnmc.2018.8576266>
18. Momenimovahed, A., Gagné, S., Gajdosechova, Z., Corbin, J. C., Smallwood, G. J., Mester, Z. et. al. (2021). Effective density and metals content of particle emissions generated by a diesel engine operating under different marine fuels. *Journal of Aerosol Science*, 151, 105651. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105651>
19. Murawski, L. (2018). Thermal interaction between main engine body and ship hull. *Ocean Engineering*, 147, 107–120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.10.038>
20. Hemeida, M. G., Ibrahim, A. A., Mohamed, A.-A. A., Alkhalaf, S., El-Dine, A. M. B. (2021). Optimal allocation of distributed generators DG based Manta Ray Foraging Optimization algorithm (MRFO). *Ain Shams Engineering Journal*, 12 (1), 609–619. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.07.009>
21. Kitagawa, Y., Bondarenko, O., Tsukada, Y. (2019). An experimental method to identify a component of wave orbital motion in propeller effective inflow velocity and its effects on load fluctuations of a ship main engine in waves. *Applied Ocean Research*, 92, 101922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2019.101922>
22. Kim, Y., Hwang, S., Cho, K., Kim, U. (2017). Characteristics of propulsion shafting system in ships with engine acceleration problems in the barred speed range. *Ocean Engineering*, 145, 479–491. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.09.021>
23. Rokhforoz, P., Kebraei, H., Ahmadabadi, M. N. (2021). Large-scale dynamic system optimization using dual decomposition method with approximate dynamic programming. *Systems & Control Letters*, 150, 104894. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2021.104894>
24. Bürgy, R., Hertz, A., Baptiste, P. (2020). An exact dynamic programming algorithm for the precedence-constrained class sequencing problem. *Computers & Operations Research*, 124, 105063. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105063>
25. Nakamura, H. (2016). Global Nonsmooth Control Lyapunov Function Design for Path-Following Problem via Minimum Projection Method. *IFAC-PapersOnLine*, 49 (18), 600–605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.231>
26. Banisoleiman, K., Rattenbury, N. (2006). Reliability Trends, Operating Issues and Acceptance Criteria related to Exhaust Gas Turbochargers used in the Marine Industry - A Classification Society View. 8th International Conference on Turbochargers and Turbocharging, 289–303. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-1-84569-174-5.50025-7>
27. Budashko, V. (2020). Thrusters Physical Model Formalization with regard to Situational and Identification Factors of Motion Modes. 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE). doi: <https://doi.org/10.1109/icecce49384.2020.9179301>
28. Sadeghian, Z., Akbari, E., Nematzadeh, H. (2021). A hybrid feature selection method based on information theory and binary butterfly optimization algorithm. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 97, 104079. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.104079>
29. Boyko, A., Budashko, V., Yushkov, Y., Boyko, N. (2016). Synthesis and research of automatic balancing system of voltage converter fed induction motor currents. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (79)), 22–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60544>
30. Hvozdeva, I., Myrhorod, V., Budashko, V., Shevchenko, V. (2020). Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset49122.2020.235453>
31. Karatas, B. C., Sarkar, M., Jóhannsson, H., Nielsen, A. H., Sørensen, P. E. (2020). Voltage stability assessment accounting for current-limited converters. *Electric Power Systems Research*, 189, 106772. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106772>
32. Pakshina, N. A., Pravdina, M. V., Kuposov, A. S., Pakshin, P. V. (2017). Team Public Testing in Classroom Studies on Automatic Control Theory. *IFAC-PapersOnLine*, 50 (1), 13468–13473. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2318>
33. Taheri, S. I., Vieira, G. G. T. T., Salles, M. B. C., Avila, S. L. (2021). A trip-ahead strategy for optimal energy dispatch in ship power systems. *Electric Power Systems Research*, 192, 106917. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106917>
34. Pipchenko, A. N., Ponomarenko, V. V., Shevchenko, V. A. (2014). *Ekspluatatsiya, obsluzhivanie i remont dvigateley MAN B&W-ME*. Odessa: TES, 325.
35. Pipchenko, A. N., Ponomarenko, V. V., Shevchenko, V. A., Tabulinskiy, I. N. (2017). *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya odno- i dvuhtoplivnyh dvigateley Wartsila-Sulzer*. Odessa: TES, 338.
36. Aydoğan, B. (2020). Experimental investigation of tetrahydrofuran combustion in homogeneous charge compression ignition (HCCI) engine: Effects of excess air coefficient, engine speed and inlet air temperature. *Journal of the Energy Institute*, 93 (3), 1163–1176. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2019.10.009>
37. Mi, Y., Xu, Y., Lang, Z., Yang, X., Ge, X., Fu, Y., Jin, C. (2021). The frequency-voltage stability control for isolated wind-diesel hybrid power system. *Electric Power Systems Research*, 192, 106984. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106984>
38. Pipchenko, A. D., Shevchenko, V. A. (2018). Vessel heading robust automatic controller for varying conditions. *Marine Intellectual Technologies*, 4 (4 (42)), 208–214.
39. Şahin, F. (2015). Effects of engine parameters on ionization current and modeling of excess air coefficient by artificial neural network. *Applied Thermal Engineering*, 90, 94–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.06.100>
40. Dere, C., Deniz, C. (2019). Load optimization of central cooling system pumps of a container ship for the slow steaming conditions to enhance the energy efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 222, 206–217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.030>
41. Bo, Z., Mihardjo, L. W., Dahari, M., Abo-Khalil, A. G., Al-Qawasm, A.-R., Mohamed, A. M., Parikhani, T. (2021). Thermodynamic and exergoeconomic analyses and optimization of an auxiliary tri-generation system for a ship utilizing exhaust gases from its engine. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125012>
42. Wang, R. (2020). Multi-objective configuration optimization method for a diesel-based hybrid energy system. *Energy Reports*, 6, 2146–2152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.08.004>
43. Budashko, V. (2017). Formalization of design for physical model of the azimuth thruster with two degrees of freedom by computational fluid dynamics methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (87)), 40–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101298>
44. Budashko, V., Golikov, V. (2017). Theoretical-applied aspects of the composition of regression models for combined propulsion complexes based on data of experimental research. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (88)), 11–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107244>
45. Kumawat, M., Gupta, N., Jain, N., Bansal, R. C. (2017). Optimally Allocation of Distributed Generators in Three-Phase Unbalanced

Distribution Network. Energy Procedia, 142, 749–754. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.122>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229827

SYNTHESIS OF THE TRANSFER FUNCTION OF THE VOLTAGE CONTROLLER IN AN ACTIVE FILTER-STABILIZER CONVERTER (p. 71–77)

Yakiv Shcherbak

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5609-2528>

Yurii Semenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9422-3528>

Olexandr Semenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8885-6783>

Nadiia Karpenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9252-9934>

Olexandr Suprun

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8732-7609>

Oleksandr Plakhtii

Limited Liability Company «VO OVEN», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1535-8991>

Volodymyr Nerubatskyi

Limited Liability Company «VO OVEN», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4309-601X>

It has been established that in order to ensure effective filtration and stabilization of the voltage of DC traction substations, it is advisable to use active filters-stabilizers. The dynamic characteristics of an active filter-stabilizer have been analyzed taking into consideration its discrete properties. It has been shown that the voltage converter in an active filter-stabilizer with bilateral pulse-width modulation for small values of control signal increment is an amplitude-pulse modulator of the second kind.

In order to improve the efficiency of using an active filter-stabilizer, which is part of the DC traction substation converter, the task was set to synthesize the transfer function of its converter's voltage controller. When analyzing a closed automatic control system, it was established that the transfer function of the voltage controller, which ensures the implementation of processes of finite duration in the closed automatic control system, includes a proportional part, an integral part, and a differential part. To determine the time constants for the transfer function of the PID-controller, as well as its damping coefficient, a closed automatic control system of the active filter-stabilizer voltage converter was investigated using an apparatus of Z-transformation. The result of synthesizing the transfer function of the voltage controller has established the parameters for the controller's transfer function, which ensure that the process of finite duration is executed in a closed system of automatic control over the converter's output voltage. The transition process in the system with a stepwise input effect of the processes of finite duration has been calculated, which confirmed that the transition process in the system ends after three clock intervals of discreteness. Establishing a transition process that ends over the finite number of discrete intervals, which is determined by the or-

der of the characteristic equation, means that the process has been optimized for performance.

Keywords: transfer function, voltage controller, converter, transition process, control system.

References

1. Panasenko, M. V., Honcharov, Yu. P., Sychenko, V. H. (2009). Problemy elektromahnitnoi sumisnosti pidsystem elektrichnoi tiahly postynnoho strumu i vykorystannia zasobiv sylovoi elektroniky dlia yikh vyrishennia. *Elektrotehnika ta elektroenerhetyka*, 2, 22–28.
2. Maksimchuk, V. F. (2013). Strategic objectives and priorities of economic development electrification and power supply. *Elektryfikatsiya transportu*, 5, 99–105.
3. Samsonkin, V. M., Panasenko, N. V., Bozhko, V. V., Goncharov, Yu. P., Eres'ko, A. V., Zamaruev, V. V. et. al. (2008). Energoeffektivnyy preobrazovatel'nyy agregat s funktsiyami fil'tratsii harmonik vyhodnogo napryazheniya tyagovoy podstantsii sistemy elektrosnabzheniya postoyannogo toka napryazheniem 3 kV. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana*, 20, 66–72.
4. Goncharov, Yu. P., Panasenko, M. V., Bozhko, V. V. (2008). Tyagoviy vipryamlyach z reversivnim vol'tododatkom na dvooperatsiynih napivprovodnikovih priladah. *Tekhnichna elektrodynamika*, 2, 16–21.
5. Goswami, R., Wang, S. (2017). Investigation of multiple feedback active filter configurations for differential mode (DM) electromagnetic interference (EMI) noise in AC/DC converter applications. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. doi: <https://doi.org/10.1109/iecon.2017.8217227>
6. Ribisi, E. T., Freere, P. (2017). Stabilizing photovoltaic DC rail voltage using an active filter. *2017 IEEE AFRICON*. doi: <https://doi.org/10.1109/afrcon.2017.8095687>
7. Ivakina, K. Y. (2013). Analysis of electromagnetic processes rectifier with pulse-width modulation. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 6, 65–67.
8. Goncharov, Yu. P., Zamaruev, V. V., Ivahno, V. V., Lyubich, R. I., Panasenko, N. V. (2009). Minimizatsiya fil'trovogo oborudovaniya tyagovyh podstantsiy s pomosh'yu vol'todobavochnogo preobrazovatelya. *Visnyk DNUZT im. V. Lazariana*, 27, 56–60.
9. Urazbahtina, N. G., Kuz'mich, V. N., Styskin, A. V. (2010). Pat. No. 99909 RF. Aktivnyy fil'tr-stabilizator peremennogo napryazheniya. No. 2010119136/07; declared: 12.05.2010; published: 27.11.2010, Bul. No. 33.
10. Gazijahani, F. S., Abadi, A. A., Safari, A. (2017). Robust Bi-level Model for Optimal Allocation and Design of Power System Stabilizer in MultiMachine Power Systems. *International Journal of Control and Automation*, 10 (9), 67–86. doi: <https://doi.org/10.14257/ijca.2017.10.9.07>
11. Safari, A., Shayeghi, H., Shayanfar, H. A. (2016). Coordinated control of pulse width modulation based AC link series compensator and power system stabilizers. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 83, 117–123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.03.042>
12. Semenko, O. I., Semenko, Y. O. (2016). Active filterstabilizer rectifier unit for traction substation. *Information and control systems at railway transport*, 4, 29–33. doi: <https://doi.org/10.18664/iksz.v0i4.79392>
13. Shcherbak, Y., Semenko, Y., Semenko, A. (2017). Analysis of dynamic characteristics of the active filter-stabilizer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (86)), 10–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.95995>
14. Scherbak, Ya. V. (1999). Parametricheskoe formirovanie protsessa konechnoy dlitel'nosti v sistemah s poluprovodnikovymi preobrazovatelyami. *Vestnik HGPU*, 69, 15–21.

15. Dzhuri, E.; Tsyarkin, Ya. Z. (Ed.) (1963). *Impul'snye sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya*. Moscow: Fizmatizdat, 455.
16. Shipillo, V. P. (1975). *Opreделение ustanovivsheysya reaktsii lineynoy sistemy na periodicheskoe vozdeystvie metodom z-preobrazovaniya*. *Izv. VUZov. Elektromekhanika*, 5, 538–543.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.226167

METHODS OF CONSTRUCTING MODELS AND OPTIMIZING THE OPERATING MODES OF A CHEMICAL ENGINEERING SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF BENZENE IN A FUZZY ENVIRONMENT (p. 78–88)

Batyr Orazbayev

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2109-6999>

Kulman Orazbayeva

Kazakh University of Economics, Finance and International Trade,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>

Valentina Makhatova

Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov,
Atyrau, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4082-9193>

Yerbol Ospanov

Semey State University named after Shakarim,
Semey, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5342-274X>

Raigul Tuleuova

Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov,
Atyrau, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-5166>

Zhumazhan Kulmagambetova

K. Zhubanov Aktobe Regional University,
Aktobe, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-9217>

Timur Toleuov

K. Zhubanov Aktobe Regional University,
Aktobe, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6050-1056>

Nurlan Mukatayev

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3570-4676>

The study object: the chemical engineering system for production of benzene and optimization of the system operation modes based on modeling. An approach to the effective solution of problems of optimization of operating modes of real chemical engineering systems was proposed. Since such systems are usually multicriterial and characterized by the fuzziness of initial information, an approach to the development of their models and optimization of their operating modes in a fuzzy environment was proposed. The essence of this approach lies in the construction of mathematical models and optimization of system operation modes based on the system analysis methodology using available information of deterministic, statistical, and fuzzy nature. Statements of the problems of optimization by means of chemical engineering systems in a fuzzy environment have been obtained by modifying various principles of optimality for working in a fuzzy environment. Based on a modification of the

principles of maximin and Pareto optimality, a heuristic algorithm for solving the formulated optimization problem was proposed based on the use of knowledge and experience of decision-makers. The proposed method of model construction and an optimization algorithm were implemented in practice when constructing models of benzene and rectification columns of a chemical engineering system of production of benzene when formulating and solving the problem of optimizing their operation modes in a fuzzy environment. Analysis and comparison of optimization results allow us to conclude about the effectiveness of the proposed fuzzy approach to solving optimization problems in a fuzzy environment. As a result of optimization of the benzene production process, the benzene yield increased by 1.45 thousand t or by 1.1 %, the raffinate output volume increased by 0.4 thousand t in conditions of upholding constraints on benzene quality. The proposed approach makes it possible to assess the degree of upholding of fuzzy constraints.

Keywords: mathematical modeling, fuzzy information, chemical engineering system, optimality principles, heuristic algorithm.

References

1. Giarratano, J. C., Riley, G. D. (2006). *Expert Systems: Principles and Programming*. Moscow: OOO «I.D. Vil'yams», 1152.
2. Gronostajski, Z., Hawryluk, M., Kaszuba, M., Marciniak, M., Niechajowicz, A., Polak, S. et. al. (2015). The expert system supporting the assessment of the durability of forging tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82 (9-12), 1973–1991. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7522-3>
3. Zamani Sabzi, H., King, J. P., Abudu, S. (2017). Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: A case study. *Expert Systems with Applications*, 83, 145–163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.039>
4. Gutsykova, S. (2017). *Metod ekspertnyh otsenok. Teoriya i praktika*. Moscow: Kogito-Tsentr, 509.
5. Kahraman, C. (Ed.) (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making. Theory and Applications with Recent Developments*. Springer, 590. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-76813-7>
6. Dubois, D. (2011). The role of fuzzy sets in decision sciences: Old techniques and new directions. *Fuzzy Sets and Systems*, 184 (1), 3–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2011.06.003>
7. Suleymenov, B. A. (2009). *Intellectual'nye i gibridnye sistemy upravleniya tehnologicheskimi protsessami*. Almaty: Izd-vo «Pikula i K», 304.
8. Ryzhov, A. P. (2017). *Teoriya nechetkih mnozhestv i ee prilozheniy*. Moscow: Izd-vo MGU, 115.
9. Orazbayev, B. B., Orazbayeva, K. N., Utenova, B. E. (2014). Development of mathematical models and modeling of chemical engineering systems under uncertainty. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 48 (2), 138–147. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579514020092>
10. Volin, Yu. M., Ostrovskii, G. M. (2007). Multicriteria optimization of technological processes under uncertainty conditions. *Automation and Remote Control*, 68 (3), 523–538. doi: <https://doi.org/10.1134/s0005117907030125>
11. Pavlov, S. Yu., Kulov, N. N., Kerimov, R. M. (2014). Improvement of chemical engineering processes using systems analysis. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 48 (2), 117–126. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579514020109>
12. Zaychenko, Yu. P. (1991). *Issledovanie operatsiy: nechetkaya optimizatsiya*. Kyiv: Vyscha shkola, 191. Available at: <https://ru.b-ok.as/book/2951666/3b81d7>
13. Orazbayev, B. B., Orazbayeva, K. N., Kurmangazyeva, L. T., Makhatova, V. (2015). Multi-criteria optimisation problems for chemical

- engineering systems and algorithms for their solution based on fuzzy mathematical methods. *EXCLI Journal*, 14, 984–998. doi: <https://doi.org/10.17179/excli2015-266>
14. Biegler, L. T., Lang, Y., Lin, W. (2014). Multi-scale optimization for process systems engineering. *Computers & Chemical Engineering*, 60, 17–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2013.07.009>
 15. Wang, C., Chen, L., Xia, S., Sun, F. (2016). Maximum production rate optimization for sulphuric acid decomposition process in tubular plug-flow reactor. *Energy*, 99, 152–158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.040>
 16. Li, P., Chen, L., Xia, S., Zhang, L. (2019). Maximum Hydrogen Production Rate Optimization for Tubular Steam Methane Reforming Reactor. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 17 (9). doi: <https://doi.org/10.1515/ijcre-2018-0191>
 17. Sekretarev, Y. A., Myatezh, T. V., Moshkin, B. N. (2018). Mathematical model for controlling generation company functioning under modern conditions. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 329 (2), 146–158. Available at: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/46405/1/bulletin_tpu-2018-v329-i2-14.pdf
 18. Valiakhmetov, R. I., Yamaliev, V. U., Shubin, S. S., Alferov, A. V. (2018). Application of heuristic algorithms in analyzing data to solve the problem of detection of electric centrifugal pumping units. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 329 (2), 159–167. Available at: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/46406/1/bulletin_tpu-2018-v329-i2-15.pdf
 19. Fayaz, M., Ahmad, S., Ullah, I., Kim, D. (2018). A Blended Risk Index Modeling and Visualization Based on Hierarchical Fuzzy Logic for Water Supply Pipelines Assessment and Management. *Processes*, 6 (5), 61. doi: <https://doi.org/10.3390/pr6050061>
 20. Volkov, I., Gracheva, M. (1999). Analiz proektnykh riskov. Available at: https://www.cfin.ru/finanalysis/project_risk.shtml
 21. Ospanov, Y. A., Orazbayev, B. B., Orazbayeva, K. N., Gancarczyk, T., Shaikhanova, A. K. (2016). Control of fuzzy technological objects based on mathematical models. 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS). doi: <https://doi.org/10.1109/iccas.2016.7832501>
 22. Tehnologicheskii reglament tehnologicheskogo kompleksa po proizvodstvu benzola (2017). Atyrau: Atyrauskiy neftepererabatyvayuschiy zavod, 387.
 23. Ostreykovskiy, V. A., Karmanov, F. I. (2015). Statisticheskie metody obrabotki eksperimental'nykh dannykh s ispol'zovaniem paketa MathCad. Moscow: Infra-M, 208.
 24. Churakov, E. P. (2016). Vvedenie v mnogomernyye statisticheskie metody. Sankt-Peterburg: Lan', 148.
 25. Shiryaev, A. N. (2014). Veroyatnostno-statisticheskie metody v teorii prinyatiya resheniy. Moscow: MTSNMO, 144.
 26. Orazbaev, B. B. (2016). Metody modelirovaniya i prinyatiya resheniy dlya upravleniya proizvodstvom v nechetkoy srede. Astana: Izd-vo Evraziyskiy natsional'nyy universitet imeni L.N. Gumileva, 398.
 27. Linik, Yu. V. (2017). Metod naimen'shih kvadratov i osnovy matematiko-statisticheskoy teorii obrabotki nablyudeniy. Moscow: Nauka, 307.
 28. Orazbayev, B. B., Ospanov, E. A., Orazbayeva, K. N., Kurmangazieva, L. T. (2018). A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Conditions. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 10 (6), 748–758. doi: <https://doi.org/10.1134/s2070048219010125>
 29. Fuzzy Logic Toolbox. Available at: <https://exponenta.ru/fuzzy-logic-toolbox>
 30. Leonenkov, A. (2003). Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 719.
 31. Ostrovsky, G. M., Ziyatdinov, N. N., Lapteva, T. V., Silvestrova, A. (2015). Optimization of Chemical Process Design with Chance Constraints by an Iterative Partitioning Approach. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 54 (13), 3412–3429. doi: <https://doi.org/10.1021/ie5048016>
 32. Ibrahim, D., Jobson, M., Li, J., Guillén-Gosálbez, G. (2018). Optimization-based design of crude oil distillation units using surrogate column models and a support vector machine. *Chemical Engineering Research and Design*, 134, 212–225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.03.006>
 33. Chen, Y., He, L., Li, J., Zhang, S. (2018). Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty. *Computers & Chemical Engineering*, 109, 216–235. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.11.014>
 34. Harinath, E., Biegler, L. T., Dumont, G. A. (2013). Predictive optimal control for thermo-mechanical pulping processes with multi-stage low consistency refining. *Journal of Process Control*, 23 (7), 1001–1011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2013.05.005>
 35. Aggarwal, A., Mehra, A., Chandra, S., Khan, I. (2018). Solving Atanassov's I-fuzzy Linear Programming Problems Using Hurwicz's Criterion. *Fuzzy Information and Engineering*, 10 (3), 339–361. doi: <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1644032>
 36. Nasser, S. H., Bavandi, S. (2018). Fuzzy Stochastic Linear Fractional Programming based on Fuzzy Mathematical Programming. *Fuzzy Information and Engineering*, 10 (3), 324–338. doi: <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1612605>
 37. Meshalkin, V. P., Gimarov, V. A., Zaytsevskiy, I. V. (2003). Lokal'nye matematicheskie modeli dlya upravleniya promyshlennym predpriyatiem. Moscow: Izd-vo fiziko-matematicheskoy literatury, 456.
 38. Grossmann, I. E. (2014). Challenges in the Application of Mathematical Programming in the Enterprise-wide Optimization of Process Industries. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii*, 48 (5), 500–517. doi: <https://doi.org/10.7868/s0040357114050054>
 39. Kenzhebaeva, T. S., Orazbayev, B. B., Abitova, G. A., Orazbayeva, K. N., Spichak, Y. V. (2017). Study and design of mathematical models for chemical-technological systems under conditions of uncertainty based on the system analysis. Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM). Bristol, 776–790. Available at: <http://www.ieomsociety.org/ieomuk/papers/183.pdf>
 40. Shukaev, D. N. (2017). Prikladnye metody optimizatsii. Moscow: Izdatel'skiy dom Akademii Estestvoznaniya, 212. Available at: https://www.monographies.ru/docs/2017/11/file_5a01c64e72d6f.pdf
 41. Shumskiy, V. M., Zyryanova, L. A. (1981). Inzhenernyye zadachi v neftepererabotke i neftehimii. Reshenie na tsifrovyykh vychislitel'nykh mashinakh. Moscow: Izd-vo «Himiya», 254.
 42. Méndez, C. A., Cerdá, J., Grossmann, I. E., Harjunkoski, I., Fahl, M. (2006). State-of-the-art review of optimization methods for short-term scheduling of batch processes. *Computers & Chemical Engineering*, 30 (6-7), 913–946. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2006.02.008>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229844

DEVISING A METHOD TO IMPROVE THE ACCURACY OF MAINTAINING THE PRE-SET TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS AT A VEGETABLE STORAGE FACILITY UNDER A FOOD STORING MODE (p. 89–98)

Petro Kachanov

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7532-5913>

Oleh Yevseienko

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5432-1211>

Nataliia Yevsina

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0214-7383>

A vegetable storage facility is an energy-consuming object with distributed parameters. The quality of product storage depends on the microclimate in the vegetable storage facility: current temperature, humidity, and carbon dioxide level. Existing temperature controllers in a vegetable storage facility use a two-position law of control, which leads to the consumption of excess energy and product spoilage.

The purpose of the study is to improve the work of the controller in the process of product storage at the storage phase due to closing the two-position controller through feedback in the form of a first-order aperiodic link.

To achieve the goal, the procedure for calculating the transfer function of a control object through the equation of thermal balance was used. This procedure made it possible to take into consideration the parameters of a vegetable storage facility: the area and the type of thermal insulation material of floorings, the weight, and the type of a stored product, as well as thermal energy supplied to the vegetable storage facility.

Based on the heat balance equation, the nature of the operation of controlling elements, transfer functions of a vegetable storage facility without a product, and the vegetable storage facility filled with a product, were calculated. The heat model of a vegetable storage facility was constructed in the MATLAB Simulink environment (USA) to check the algorithms of the temperature field control.

The product storage for 180 days with changes in the daily temperature of outdoor air from minus 8 °C to plus 2 °C and changes in humidity from 50 % to 100 % was modeled.

According to the results of modeling, it is possible to conclude that the addition of an aperiodic link to the feedback of the two-position controller will enable taking into consideration the inertia of a control object. This allows decreasing the maximum error in control of self-oscillations to 0.15 °C and decreasing the total operation time of controlling elements by 13 %.

Keywords: control system, vegetable storage facility, temperature stabilization, microclimate, mathematical model, vegetable storage.

References

- Admaev, A. I. (2018). Sistema kontrolya i upravleniya mikroklimatom v ovoschehranilische. Informatsionnye tehnologii i upravlenie. Materialy 54-y nauch. konf. aspirantov, magistrantov i studentov. Minsk, 24–25. Available at: https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/32801/1/Admayev_Sistema.pdf
- Akdemir, S., Bartzanas, T. (2015). Numerical Modelling and Experimental Validation of a Cold Store Ambient Factors. Journal of agricultural sciences, 21, 606–619. doi: https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000001361
- Nemenuschaya, L. A., Stepanischeva, N. M., Solomatin, D. M. (2009). Sovremennye tehnologii hraneniya i pererabotki plodoovoschnoy produktsii. Moscow: FGNU «Rosinformagroteh», 172. Available at: <https://rosinformagrotech.ru/data/itpk/kartofel-i-ovoshchi/send/18-kartofel-i-ovoshchi/469-sovremennye-tehnologii-khraneniya-i-pererabotki-plodoovoschnoj-produktsii>
- Meneghetti, C. R., Tizzei, A., Cappelli, N. L., Umezu, C. K., Bezson, G. (2013). A Mathematical model for the cold storage of agricultural products. Revista Ciência Agronômica, 44 (2), 286–293. doi: <https://doi.org/10.1590/s1806-66902013000200010>
- Malanchuk, Y., Khrystyuk, A., Sych, V. (2020). Problems of automation of fresh fruits and vegetables storage processes. Modeling, Control and Information Technologies, 4, 92–95. doi: <https://doi.org/10.31713/mcit.2020.34>
- Maltsev, S. V., Kluev, S. I., Pshechenkov, K. A. (2017). The microclimate control system in modern potato storage facilities. Zashchita kartofelya, 2, 12–17. Available at: http://www.kartofel.org/zakart/2_2017.pdf
- Yermilova, N., Kyslytsia, S., Tarasiuk, R. (2019). Development of automated control system for equipment of a vegetable storage facility based on neuro-fuzzy systems. Control, Navigation and Communication Systems, 1 (53), 50–54. doi: <https://doi.org/10.26906/sunz.2019.1.050>
- Tolsma. Available at: <https://tolsma.com.ua/>
- Mooij Agro. Available at: <https://www.mooij-agro.com/en/>
- Lekomtsev, P. L., Dresviannikova, E. V., Niazov, A. M., Orlov, S. V. (2017). Mathematical modeling of refrigeration using vortex tubes in vegetable stores. Engineering Journal of Don, 4. Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_109_Lekomtsev.pdf_24bf077381.pdf
- Timoshenko, V. A., Sutulo, A. V., Dovgan', N. B. (2017). Metody vyavleniya porokov kartofelya pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh hraneniya i otsenka ego kachestva. The Electronic Scientific Journal, 5-1, 16–19. Available at: <http://co2b.ru/docs/enj.2017.05.01.pdf>
- Uzakov, G. N. (2010). Snizhenie zatrat energii v teplohlosnabzhenii kombinirovannogo sooruzheniya «ovoschehranilische-gelioteplytsa» s ispol'zovaniem teplovyh nasosov. Molodoy ucheniy, 1 (11), 73–78. Available at: <https://moluch.ru/archive/22/2218/>
- Alhamdan, A., Alsadon, A., Wahb-Allah, M. A., Nagar, M. E. (2011). Influence of Storage Conditions on Seed Quality and Longevity of Four Vegetable Crops. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 11 (3), 353–359. Available at: [https://www.idosi.org/aejaes/jaes11\(3\)11/8.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes11(3)11/8.pdf)
- Tervonen, J. (2018). Experiment of the quality control of vegetable storage based on the Internet-of-Things. Procedia Computer Science, 130, 440–447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.065>
- Zhukov, A. D., Ter-Zakaryan, K. A., Tuchaev, D. U., Petrovsky, E. S. (2018). Energy-efficient insulation of food storage rooms and vegetable stores. International Agricultural Journal, 1, 65–67. doi: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2018-11015>
- Iacomì, C., Roșca, I., Madjar, R., Iacomì, B., Popescu, V., Vărzaru, G., Sfetcu, C. (2014). Automation and computer-based technology for small vegetable farm holders. Scientific Papers. Series A. Agronomy, 57, 415–420. Available at: <http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2014/art74.pdf>
- Kachanov, P., Yevseienko, O. (2017). Modeling of daily temperature mode in premises using a predictive controller. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (2 (88)), 33–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108574>
- Kun, T., Peng, X., Hong-kun, H. (2015). The application of Self-adaptive Fuzzy PID control the evaporator superheat. International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES), 3 (42), 64–71. Available at: <https://1library.net/document/ydv4xkij-application-self-adaptive-fuzzy-pid-control-evaporator-superheat.html>
- Grudinina, V. S., Khoroshavin, V. S., Zotov, A. V., Grudinina, S. V. (2019). Adaptive Iterative Control of Temperature in Greenhouse. Engineering Technologies and Systems, 29 (3), 383–395. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201903.383-395>
- Tizzei, A., Meneghetti, C. R., Cappelli, N. L., Umezu, C. K. (2011). System for studies of control strategies applied in the refrigerated

chambers. *Engenharia Agricola*, 31 (5), 868–878. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-69162011000500004>

21. Morimoto, T., Islam, M. P., Hatou, K. (2013). An Intelligent Control Technique for Dynamic Optimization of Temperature during Fruit Storage Process. *American Journal of Operations Research*, 03 (01), 207–216. doi: <https://doi.org/10.4236/ajor.2013.31a020>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229859
SOFTWARE IMPLEMENTED FAULT DIAGNOSIS OF NATURAL GAS PUMPING UNIT BASED ON FEEDFORWARD NEURAL NETWORK (p. 99–109)

Mykola Kozlenko

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2502-2447>

Olena Zamikhovska

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0775-0472>

Leonid Zamikhovskiy

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6374-8580>

In recent years, more and more attention has been paid to the use of artificial neural networks (ANN) for the diagnostics of gas pumping units (GPU). Usually, ANN training is carried out on GPU workflow models, and generated sets of diagnostic data are used to simulate defect conditions. At the same time, the results obtained do not allow assessing the real state of the GPU. It is proposed to use the characteristics of the acoustic and vibration processes of the GPU as the input data of the ANN.

A descriptive statistical analysis of real vibration and acoustic processes generated by the operation of the GPU type GTK-25-i (Nuovo Pignone, Italy) was carried out. The formation of batches of diagnostic features arriving at the input of the ANN was carried out. Diagnostic features are the five maximum amplitude components of the acoustic and vibration signals, as well as the value of the standard deviation for each sample. Diagnostic features are calculated directly in the ANN input data pipeline in real time for three technical states of the GPU.

Using the frameworks TensorFlow, Keras, NumPy, pandas, in the Python 3 programming language, an architecture was developed for a deep fully connected feedforward ANN, trained on the backpropagation algorithm.

The results of training and testing the developed ANN are presented. During testing, it was found that the signal classification precision for the “nominal” state of all 1,475 signal samples is 1.0000, for the “current” state, precision equals 0.9853, and for the “defective” state, precision is 0.9091.

The use of the developed ANN makes it possible to classify the technical states of the GPU with an accuracy sufficient for practical use, which will prevent the occurrence of GPU failures. ANN can be used to diagnose GPU of any type and power.

Keywords: gas pumping unit, technical condition, diagnostics, classification, artificial neural network, deep learning.

References

1. Kharakterystyka hazotransportnoi systemy Ukrainy. AT «Ukrtranshaz». Available at: <http://utg.ua/utg/psg/description/>
2. Zamikhovskiy, L., Zamikhovska, O., Ivaniuk, N. (2021). Trends in the development of methods for diagnostics of the technical state of the blades of gas-pumping units. *ScienceRise*, 1, 33–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2021.001678>
3. Gorbilychuk, M., Zamikhovska, O., Zamikhovskiy, L., Pavlyk, V. (2020). Development of the method for estimating the technical condition of gas pumping units by their accelerating characteristic. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 48–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206476>
4. Arriagada, J., Genrup, M., Assadi, M., Loberg, A. (2003). Fault Diagnosis System for an Industrial Gas Turbine by Means of Neural Networks. *Proceedings of International Gas Turbine*. Tokyo.
5. Zhou, D., Yao, Q., Wu, H., Ma, S., Zhang, H. (2020). Fault diagnosis of gas turbine based on partly interpretable convolutional neural networks. *Energy*, 200, 117467. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117467>
6. Alozie, O., Li, Y.-G., Pilidis, P., Liu, Y., Wu, X., Shong, X. et al. (2020). An Integrated Principal Component Analysis, Artificial Neural Network and Gas Path Analysis Approach for Multi-Component Fault Diagnostics of Gas Turbine Engines. Volume 5: Controls, Diagnostics, and Instrumentation; Cycle Innovations; Cycle Innovations: Energy Storage. doi: <https://doi.org/10.1115/gt2020-15740>
7. De Giorgi, M. G., Ficarella, A., De Carlo, L. (2019). Jet engine degradation prognostic using artificial neural networks. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 92 (3), 296–303. doi: <https://doi.org/10.1108/aeat-01-2018-0054>
8. Amare, D. F., Aklilu, T. B., Gilani, S. I. (2018). Gas path fault diagnostics using a hybrid intelligent method for industrial gas turbine engines. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 40 (12). doi: <https://doi.org/10.1007/s40430-018-1497-6>
9. Zhang, Y., Qian, Y., Qiu, Z., Zhang, X. (2018). Fault Diagnosis of Gas Turbine Based on Improved BP Neural Network with the Combination of N-W and L-M Algorithm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 192, 012015. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/192/1/012015>
10. Ben Rahmoune, M., Hafaiifa, A., Kouzou, A., Guemana, M., Abudura, S. (2016). Control and diagnostic of vibration in gas turbine system using neural network approach. 2016 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC). doi: <https://doi.org/10.1109/icmic.2016.7804177>
11. Allen, C. W., Holcomb, C. M., de Oliveira, M. (2017). Gas Turbine Machinery Diagnostics: A Brief Review and a Sample Application. Volume 6: Ceramics; Controls, Diagnostics and Instrumentation; Education; Manufacturing Materials and Metallurgy. doi: <https://doi.org/10.1115/gt2017-64755>
12. Hanachi, H., Liu, J., Mechefske, C. (2018). Multi-mode diagnosis of a gas turbine engine using an adaptive neuro-fuzzy system. *Chinese Journal of Aeronautics*, 31 (1), 1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.11.017>
13. Zamikhovskiy, L. M., Zamikhovska, O. L., Ivaniuk, N. I., Pavlyk, V. V. (2020). Improvement of the automatic control system of gas-pumping units taking into account their technical condition. *Oil and Gas Power Engineering*, 2 (34), 84–95. doi: [https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-2\(34\)-84-95](https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-2(34)-84-95)
14. Thode, H. C. (2002). *Testing For Normality*. CRC Press, 368. doi: <https://doi.org/10.1201/9780203910894>
15. Barrett, P., Hunter, J., Miller, J. T., Hsu, J.-C., Greenfield, P. (2005). *matplotlib - A Portable Python Plotting Package Astronomical Data Analysis Software and Systems XIV ASP Conference Series*. Vol. 347. Pasadena, California, 91–95. Available at: <http://adsabs.harvard.edu/pdf/2005ASPC..347...91B>
16. Razali, N. M., Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2 (1), 21–33. Available at: <https://www.nrc.gov/docs/ML1714/ML17143A100.pdf>

17. Williamson, D. F. (1989). The Box Plot: A Simple Visual Method to Interpret Data. *Annals of Internal Medicine*, 110 (11), 916. doi: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-110-11-916>
18. Takahashi, D. (2019). Fast Fourier Transform. *Fast Fourier Transform Algorithms for Parallel Computers*, 5–13. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-9965-7_2
19. Kessler, T., Dorian, G., Mack, J. H. (2017). Application of a Rectified Linear Unit (ReLU) Based Artificial Neural Network to Cetane Number Predictions. Volume 1: Large Bore Engines; Fuels; Advanced Combustion. doi: <https://doi.org/10.1115/icef2017-3614>
20. Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J. et. al. (2016). Tensorflow: A system for large-scale machine learning. 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation. Savannah, 265–283. Available at: <https://www.usenix.org/system/files/conference/osdi16/osdi16-abadi.pdf>
21. Manaswi, N. K. (2018). Understanding and Working with Keras. *Deep Learning with Applications Using Python*, 31–43. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3516-4_2
22. Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D. et. al. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585 (7825), 357–362. doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
23. McKinney, W. (2010). Data Structures for Statistical Computing in Python. *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*. doi: <https://doi.org/10.25080/majora-92bf1922-00a>
24. Millman, K. J., Aivazis, M. (2011). Python for Scientists and Engineers. *Computing in Science & Engineering*, 13 (2), 9–12. doi: <https://doi.org/10.1109/mcse.2011.36>
25. Kozlenko, M., Vialkova, V. (2020). Software Defined Demodulation of Multiple Frequency Shift Keying with Dense Neural Network for Weak Signal Communications. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset49122.2020.235501>
26. Kozlenko, M., Lazarovych, I., Tkachuk, V., Vialkova, V. (2020). Software Demodulation of Weak Radio Signals using Convolutional Neural Network. 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). doi: <https://doi.org/10.1109/ess50319.2020.9160035>
27. Zhang, Z. (2018). Improved Adam Optimizer for Deep Neural Networks. 2018 IEEE/ACM 26th International Symposium on Quality of Service (IWQoS). doi: <https://doi.org/10.1109/iwqos.2018.8624183>
28. Melnychuk, S., Lazarovych, I., Kozlenko, M. (2018). Optimization of entropy estimation computing algorithm for random signals in digital communication devices. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336380>
29. Swets, J. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240 (4857), 1285–1293. doi: <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
30. Zhen, Z., Quackenbush, L. J., Stehman, S. V., Zhang, L. (2013). Impact of training and validation sample selection on classification accuracy and accuracy assessment when using reference polygons in object-based classification. *International Journal of Remote Sensing*, 34 (19), 6914–6930. doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.810822>
31. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T. et. al. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, 17 (3), 261–272. doi: <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>
32. Ioffe, S., Szegedy, C. (2015). Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning*, 448–456. URL: <https://arxiv.org/abs/1502.03167>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228644

РОЗРОБКА МОДЕЛІ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (с. 6–15)

Б. П. Книш, Я. А. Кулик

Розглянуто модель сегментації зображень за допомогою згорткових нейронних мереж та дослідження ефективності процесу на основі моделей із навчанням глибоких шарів згорткових нейромереж. Існують об'єктивні труднощі, пов'язані з визначенням оптимальних характеристик нейронних мереж, тому є проблема перенавчання нейромережі. Усунення перенавчання шляхом визначення лише оптимальної кількості епох недостатнє, оскільки не забезпечує високу точність.

Визначено вимоги до набору зображень для навчання та перевірки моделі. Даним вимогам найбільш відповідають набори зображень PASCAL VOC (Велика Британія) і NVIDIA-Aerial Drone (США).

Встановлено, що AlexNet (Канада) є навченою моделлю і може виконувати сегментацію зображень, проте надійність розпізнавання об'єктів недостатня. Тому виникає необхідність підвищення ефективності сегментації зображень. Доцільно використати архітектуру AlexNet для створення спеціалізованої моделі, яка за рахунок зміни параметрів та перенавчання деяких шарів дозволить краще проводити процес сегментації зображення.

Виконано навчання п'яти моделей з використанням таких параметрів: швидкість навчання, число епох, алгоритм оптимізації, вид зміни швидкості навчання, коефіцієнт γ , попередньо навчена модель.

Розроблено згорткову нейронну мережу для підвищення точності та ефективності сегментації зображення. Визначено оптимальні параметри навчання нейромережі: швидкість навчання – 0,0001, число епох – 50, коефіцієнт γ – 0,1 тощо. Отримано підвищення точності на 3 %, яке дозволяє стверджувати про правильність вибору архітектури розробленої мережі та підбору параметрів. Це дає можливість використовувати дану мережу для практичних задач сегментації зображень, зокрема для пристроїв із обмеженими обчислювальними ресурсами.

Ключові слова: обробка зображень, сегментація зображень, згорткові нейронні мережі, безпілотний літальний апарат.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228695

РОЗРОБКА ЕНТРОПІЙНОГО ПІДХОДУ В ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАТЕРНІВ ПОЛІМОВНИХ ТЕКСТІВ (с. 16–22)

Gulnur Yerkebulan, Valentina Kulikova, Vladimir Kulikov, Zaru Kulsharipova

Проблема виявлення плагіату є актуальною, але сучасні методи виявлення, як і раніше, ресурсовитратні. Виконано пошук більш ефективної альтернативи існуючим рішенням.

Розроблена система ідентифікації патернів полімовності текстів порівнює два тексти та визначає за допомогою різних підходів, чи є другий текст перекладом першого чи ні. У дослідженні розроблено підхід на основі ентропії Рен'ї.

Для дослідження взято оригінальний текст з твору англійського письменника та п'ять текстів російською мовою. У якості справжніх і «підроблених» перекладів були обрані: переклади Google Перекладача і Яндекс Перекладача, авторський книжковий переклад, текст з іншого твору англійського письменника та фейковий текст. Фейковий текст – це текст, створений з таким же частотним вживанням ключових слів, як в оригіналі.

Сформувавши ключовий ряд високочастотних слів для оригіналу, були визначені відповідні ключові ряди для інших текстів. Потім підраховані ентропії для текстів при розбитті на «речення» та «параграфи».

Для розрахунку близькості текстів використана метрика Мінковського. За нею виконані обчислення для відстані Геммінга, декартової відстані, відстані між центрами мас, відстані між геометричними центрами та відстані між центрами параметричних середніх.

Виявлено, що найкраще близькість текстів визначається за допомогою розрахунку відносних відстаней між центрами параметричних середніх (для «підроблених» текстів – більше 3, для переказів – менше 1).

Порахувавши близькість текстів за допомогою розробленого авторами алгоритму на основі ентропії Рен'ї, можна, в порівнянні з методами на основі нейронних мереж, заощадити ресурси та час. Всі вихідні дані та приклад розрахунку ентропій на php знаходяться у відкритому доступі.

Ключові слова: Google Перекладач, Яндекс.Перекладач, ентропія Рен'ї, метрика Мінковського, відстань Геммінга.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228219

РОЗРОБКА МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ПРИЧИН ВІДХИЛЕНЬ У РОЗВИТКУ РОСЛИНИ ALOE ARBORESCENS L. ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ (с. 23–31)

Gulnar Kim, Alexandr Demyanenko, Alexey Savostin, Kainizhamal Iklassova

Розглянуто процес розробки методу розпізнавання причин відхилень від нормального росту рослини із застосуванням досягнень штучного інтелекту. Як об'єкт досліджень було обрано лікарську рослину *Aloe arborescens* L., так як протягом десятиліть ця рослина є одним з найбільш продаваних у світовому випуску нових продуктів. *Aloe arborescens* L. славиться своїми лікарськими властивостями, використовуваними в медицині, косметології та навіть в харчовій промисловості. Своєчасна та точна діагностика відхилень у розвитку рослини грає важливу роль в запобіганні втрати продуктивності рослинницької продукції.

В ході дослідження було розроблено метод розпізнавання причин відхилень у розвитку *Aloe arborescens L.*, викликаних нестачею поливу або освітлення, заснований на застосуванні трансферного навчання згорткової нейронної мережі VGG-16 (Сполучене Королівство). Дана архітектура орієнтована на розпізнавання об'єктів на зображеннях, що є головною причиною її використання для досягнення поставленої мети.

Аналіз метрик якості запропонованого процесу класифікації зображень за заданими класами показав високу вірогідність розпізнавання (для рослини, що нормально розвивається – 91 %, для рослини без належного поливу – 89 % і для рослини без належного висвітлення – 83 %). Аналіз достовірності розпізнавання тестових зразків показав схожу достовірність віднесення рослини до одного з трьох класів: 92,6 %, 87,5 % та 85,5 %, відповідно.

Отримані результати дозволяють доповнити автоматизовані системи управління режимними параметрами гідропонних установок основних світових виробників головним зворотним зв'язком по відхиленню розвитку рослини від заданих значень.

Ключові слова: нейронна мережа, машинне навчання, гідропонні системи, розпізнавання образів, *Aloe arborescens L.*

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229983

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИБОРУ СЕРВІСІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ (с. 32–43)

О. В. Петриченко, І. В. Левикін, І. О. Юр'єв

Основним призначенням сучасних інформаційних систем (ІС) є підтримка процедур управління множиною бізнес-процесів (БП) підприємства. При цьому внаслідок слабкої формалізації БП процеси розробки, реінжинірингу різних сервіс-орієнтованих ІС та ІТ-сервісів є складною проблемою.

Для вирішення цієї проблеми сформульована задача вдосконалення методу вибору ІТ-сервісів, які вдовольняють заданому набору функціональних та нефункціональних обмежень. Проведено аналіз особливостей похідного методу вибору ІТ-сервісів, виділено його основні недоліки. Проведена модифікація моделі прецеденту БП для встановлення взаємозв'язків між описами прецеденту, функціональних вимог та використовуваних ІТ-сервісів. Удосконалено метод вибору ІТ-сервісів для ІС, додаванням функцій аналізу вимог і пошуку описів ІТ-сервісів, частково задовольняють висунутим функціональним вимогам. У методі, для кількісного оцінювання ступеня відповідності функціональної вимоги та опису функції ІТ-сервісу, використаний адаптивний лінійний асоціатор нейрону mADALINE. Ці пропозиції було покладено до основи удосконаленого методу вибору ІТ-сервісу, який найкращим з можливих відповідає набору обмежень.

В результаті проведених досліджень проведена експериментальна перевірка вдосконаленого методу при виборі ІТ-сервісу для вирішення завдання автоматизації діяльності персоналу з продажу електронного поліса ОСАГО. Було проведено порівняння інформаційної технології, яка реалізувала похідний метод вибору ІТ-сервісів, та удосконаленого методу. Показано, що удосконалений метод дозволяє виявляти ситуації співпадіння функціональних вимог замовника з описами ІТ-сервісів. Це дає можливість вибору тих ІТ-сервісів, у яких ступінь збігів функціональним вимогам вище заданої мінімальної межі.

Ключові слова: інформаційна технологія, вибір сервісів, функціональна вимога, прецедент, адаптивний лінійний асоціатор.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224137

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ З МЕТОЮ УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСТЮ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СТРІЧКОВОМУ КОНВЕЄРІ (с. 44–53)

Israa R. Shareef, Hiba K. Hussein

Враховуючи важливість конвеєрних систем в різних виробничих комунікаціях, існує велика необхідність зробити ці системи максимально ефективними. У даній роботі швидкість конвеєрної стрічки (яка в нашому дослідженні є частиною інтегрованої навчальної автоматизованої системи) контролюється за допомогою одного з методів штучного інтелекту, яким є штучна нейронна мережа (ШНМ).

Відеодатчик буде відповідати за збір інформації про стан конвеєрної стрічки і деталей над нею. Згідно з цією інформацією, контролер ШНМ буде приймати інтелектуальне рішення про швидкість руху стрічки. ШНМ контролюватиме швидкість таким чином, щоб забезпечити оптимальну енергоефективність за рахунок руху конвеєрної стрічки. Оптимальний механізм управління швидкістю конвеєрної стрічки являє собою інтелектуальне визначення кількості і ваги деталей за допомогою відеодатчика, який забезпечить достатню візуалізацію системи. Потім обробка зображень доставить важливі дані в ШНМ, яка оптимально визначить найкращу швидкість конвеєрної стрічки. Ця задана швидкість дозволить досягти мети економії енергії під час руху стрічки. Запропонована система управління дозволить оптимально перемикати швидкість конвеєрної системи в режим ВКЛ, ВИКЛ і холостого ходу з метою мінімізації витрати енергії на конвеєрну стрічку.

При повному навантаженні конвеєрної стрічки, вона рухається з максимальною швидкістю. Але якщо конвеєр навантажений частково, швидкість буде відповідно регулюватися ШНМ. При відсутності навантаження, конвеєр буде зупинений. Це дозволить, крім зменшення витрат, заощадити значну кількість енергії. Розроблена конвеєрна система дозволить модернізувати промислові виробничі комунікації, а також знизити витрати і вартість енергії і збільшити термін служби конвеєрних стрічок.

Ключові слова: конвеєрна система, регулювання швидкості, енергозбереження, штучна нейронна мережа (ШНМ).

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229033

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАННЯ КООРДИНОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ПРИ ЗМІНАХ НАВАНТАЖЕННЯ (с. 54–70)

В. В. Будашко, В. А. Шевченко

Стаття присвячена синтезу основних процесів базового управління складною технічною судновою системою. Було запропоновано вирішення проблеми семантики опису та методу декомпозиції управлінських завдань у контексті синтезу програми коор-

динатора управління судновими технічними системами та комплексами складної структури. На прикладі п'яти-агрегатної суднової автоматизованої електроенергетичної системи (САЕЕС) для визначеного рівня генерованої потужності, з урахуванням критеріїв ефективності, синтезовано алгоритми переходів від одного рівня до іншого з урахуванням передаварійних і аварійних станів САЕЕС. Суть організації процесу послідовності включення/відключення генераторних агрегатів (ГА) полягає у розробці програми управління супервізора координатора у складі розподіленої дворівневої ієрархічної структури управління САЕЕС при змінах навантаження. Послідовність виконання операцій пуску, синхронізації, переведення навантаження й зупинки ГА було засновано на формуванні оптимального складу ГА, розподілу навантажень між паралельно працюючими ГА і виконанням програми оптимізації первинного двигуна електростанції.

Наведені принципи побудови процедур управління складом ГА за принципом «жорстких і гнучких» порогів дозволили побудувати діаграму корегування часової затримки включення ГА від затребуваної потужності. Доведено, що запропонований спосіб підвищує надійність роботи САЕЕС, оскільки виключені можливі аварійні режими при завданні помилкових комбінацій управління. Сформувано бази даних щодо кількості ГА, їх технічного стану, навантаження, витрати палива й параметрів навколишнього середовища. Синтез управління п'яти-агрегатної САЕЕС дозволив визначити спосіб алгоритмізації, заснований на використанні розширеного масиву даних, та спростити алгоритм функціонування у операціях обрання складу п'яти агрегатної САЕЕС.

Ключові слова: ефективність, технічна експлуатація, якість, система управління, комплекс.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229827

СИНТЕЗ ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА АКТИВНОГО ФІЛЬТРА-СТАБІЛІЗАТОРА (с. 71–77)

Я. В. Щербак, Ю. О. Семененко, О. І. Семененко, Н. П. Карпенко, О. Д. Супрун, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький

Встановлено, що для забезпечення ефективної фільтрації і стабілізації напруги тягових підстанцій постійного струму доцільно застосовувати активні фільтри-стабілізатори. Виконано аналіз динамічних характеристик активного фільтра-стабілізатора з урахуванням його дискретних властивостей. Показано, що перетворювач напруги активного фільтра-стабілізатора з двобічною широтно-імпульсною модуляцією для малих значень приросту сигналу управління являє собою амплітудно-імпульсний модулятор другого роду.

З метою підвищення ефективності застосування активного фільтра-стабілізатора, що входить до складу перетворювального агрегату тягової підстанції постійного струму, була поставлена задача синтезу передавальної функції регулятора напруги його перетворювача. При аналізі замкнутої системи автоматичного регулювання встановлено, що передавальна функція регулятора напруги, що забезпечує реалізацію процесів кінцевої тривалості в замкнутій системі автоматичного регулювання, має пропорційну, інтегральну та диференціальну частини. Для визначення постійних часу передавальної функції ПІД-регулятора та коефіцієнта демпфування проведено дослідження замкнутої системи автоматичного регулювання напруги перетворювача активного фільтра-стабілізатора за допомогою апарату Z-перетворення. В результаті синтезу передавальної функції регулятора напруги отримані параметри передавальної функції регулятора, які забезпечують одержання процесу кінцевої тривалості у замкнутій системі автоматичного регулювання вихідної напруги перетворювача. Виконано розрахунок перехідного процесу в системі при ступінчастому вхідному впливі процесів кінцевої тривалості, який підтвердив, що перехідний процес у системі закінчується за три тактових інтервали дискретності. Отримання перехідного процесу, що закінчується за кінцеве число інтервалів дискретності, яке визначається порядком характеристичного рівняння, означає, що процес оптимізовано за швидкістю.

Ключові слова: передавальна функція, регулятор напруги, перетворювальний агрегат, перехідний процес, система керування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.226167

МЕТОДИ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА БЕНЗОЛУ В НЕЧІТКОМУ СЕРЕДОВИЩІ (с. 78–88)

Batyr Orazbayev, Kulman Orazbayeva, Valentina Makhatova, Yerbol Ospanov, Raigul Tuleuova, Zhumazhan Kulmagambetova, Timur Toleuov, Nurlan Mukatayev

Об'єктом дослідження є хіміко-технологічна система виробництва бензолу та оптимізація режимів її роботи на основі моделювання. Запропоновано підхід до ефективного вирішення завдань оптимізації режимів роботи реальних хіміко-технологічних систем. Так як такі системи зазвичай є багатокритеріальними та характеризуються нечіткістю вихідної інформації, запропоновано підхід до розробки їх моделей та оптимізації їх режимів роботи в нечіткому середовищі. Сутність цього підходу полягає в побудові математичних моделей та оптимізації режимів роботи систем на основі методології системного аналізу з використанням доступної інформації детермінованого, статистичного та нечіткого характеру. Шляхом модифікації різних принципів оптимальності для роботи в нечіткому середовищі отримані постановки задач оптимізації хіміко-технологічними системами в нечіткому середовищі. На основі модифікації принципів максиміна та Парето оптимальності запропонований евристичний алгоритм вирішення сформульованої задачі оптимізації, заснований на використанні знання та досвіду особи, яка приймає рішення. Запропонований метод побудови моделі та алгоритм оптимізації реалізовані на практиці при побудові моделей бензолної та ректифікаційної колон хіміко-технологічної системи виробництва бензолу, при постановці та вирішенні задачі оптимізації режимів їх роботи в нечіткому середовищі. Аналіз і порівняння результатів оптимізації дозволяють зробити висновок про ефективність запропонованого нечіткого підходу до вирішення завдань оптимізації в нечіткому середовищі. В результаті оптимізації процесу виробництва бензолу вихід збільшився на 1,45 тис. тонн або на 1,1 %, обсяг рафінаду на 0,4 тис. тонн, в умовах виконання нечітких обмежень на якість бензолу. Пропонований підхід дозволяє оцінити ступінь виконання нечітких обмежень.

Ключові слова: математичне моделювання, досить чітка інформація, хіміко-технологічна система, принципи оптимальності, евристичний алгоритм.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229844**РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПІДТРИМАННЯ ЗАДАНИХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ УМОВ ОВОЧЕСХОВИЩА У ФАЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРОДУКТУ (с. 89–98)****П. О. Качанов, О. М. Євсєєнко, Н. О. Євсіна**

Овочесховище є енергоємним об'єктом з розподіленими параметрами. Якість зберігання продукту залежить від мікроклімату в овочесховищі: поточної температури, вологості та рівня вуглекислого газу. Існуючі регулятори температури в овочесховищі використовують двопозиційний закон регулювання, що призводить до витрачання зайвої енергії та зіпсуття продукту.

Метою дослідження є вдосконалення роботи регулятора в процесі зберігання продукту у фазі збереження за рахунок замикавання двопозиційного регулятора зворотним зв'язком у вигляді аперіодичної ланки першого порядку.

Для досягнення мети використовувалася методика розрахунку передавальної функції об'єкта керування через рівняння теплового балансу. Дана методика дозволила врахувати параметри овочесховища: площу і тип теплоізоляційного матеріалу покриття, масу і тип продукту для зберігання, а також теплову енергію, що підводиться в овочесховище.

На основі рівняння теплового балансу, характеру роботи виконавчих механізмів розраховано передаточні функції овочесховища без продукту та овочесховища, заповненого продуктом. У середовищі Matlab Simulink (США) побудовано теплову модель овочесховища для перевірки алгоритмів керування температурним полем.

Проведено моделювання зберігання продукту протягом 180 діб із зміною добової температури зовнішнього повітря від мінус 8 °С до плюс 2 °С та зміною вологості від 50 % до 100 %.

За результатами моделювання можна зробити висновок, що додавання до зворотного зв'язку двопозиційного регулятора аперіодичної ланки дозволить врахувати інерційність об'єкта керування. Це дає можливість зменшити максимальну похибку регулювання автоколивань до 0.15 °С та зменшити загальний час роботи виконавчих пристроїв на 13 %.

Ключові слова: система керування, овочесховище, стабілізація температури, мікроклімат, математична модель, зберігання овочів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229859**ПРОГРАМНА ДІАГНОСТИКА ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ (с. 99–109)****М. І. Козленко, О. Л. Заміховська, Л. М. Заміховський**

В останні роки все більшої уваги приділяється використанню штучних нейронних мереж (ШНМ) для діагностики газоперекачувальних агрегатів (ГПА). Зазвичай навчання ШНМ проводять на моделях робочих процесів ГПА, а для моделювання дефектних станів використовуються згенеровані набори діагностичних даних. При цьому отримані результати не дозволяють оцінити реальний стан ГПА. Запропоновано як вхідні дані ШНМ використати значення характеристик акустичних і вібраційних процесів ГПА.

Проведено описовий статистичний аналіз реальних вібраційних і акустичних процесів, згенерованих роботою ГПА типу ГТК-25і (GE Nuovo Pignone, Італія). Здійснено формування пакетів діагностичних ознак, що надходять на вхід ШНМ. Діагностичними ознаками є п'ять максимальних амплітудних складових акустичного та вібраційного сигналів, а також значення стандартного відхилення для кожної вибірки. Діагностичні ознаки обчислюються безпосередньо у вхідному конвєєрі даних ШНМ в реальному часі для трьох технічних станів ГПА.

З використанням фреймворків TensorFlow, Keras, NumPy, pandas мовою програмування Python 3 розроблено архітектуру глибинної повнозв'язної ШНМ прямого поширення, що тренується за алгоритмом зворотного поширення помилки.

Наводяться результати навчання та тестування розробленої ШНМ. Під час тестування встановлено, що точність розпізнавання сигналів для стану «номінальний» з усіх 1475 зразків сигналів становить precision = 1.0000, для стану «поточний» precision = 0.9853 і для стану «дефектний» – precision = 0.9091.

Використання розробленої ШНМ дає можливість класифікації технічних станів ГПА з достатньою для практичного застосування точністю, що дозволить попередити виникнення відмов ГПА. ШНМ може бути використана для діагностування ГПА будь-якого типу та потужності.

Ключові слова: газоперекачувальний агрегат, технічний стан, діагностування, класифікація, штучна нейромережа, глибинне навчання.
