

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272951

**RECOGNITION OF AERIAL PHOTOGRAPHY
OBJECTS BASED ON DATA SETS WITH DIFFERENT
AGGREGATION OF CLASSES (p. 6–13)**

Pylp Prystavka

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0360-2459>**Kseniia Dukhnovska**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4539-159X>**Oksana Kovtun**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0871-5097>**Olga Leshchenko**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-2785>**Olha Cholyshkina**Interregional Academy of Personnel Management,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0681-0413>**Vadym Semenov**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3154-3115>

The object of this work is the recognition algorithms of aerial photography objects, namely, the analysis of recognition accuracy based on data sets with different aggregation classes.

To solve this problem, an information system for object recognition based on aerial photography data has been developed. An architecture based on neural network architectures of the ConvNets group with structural modifications was chosen and used to create the information system. The use of a convolutional neural network of the ConvNets group in the architecture of the information system for the recognition of objects of aerial photography gives high accuracy rates when training the information system and validating its results. But the authors did not find any studies on the learning of the neural network of the ConvNets group. Therefore, it was decided to conduct an analysis in which case the ConvNets network will provide validation results with higher accuracy when the training takes place on datasets with or without class aggregation.

The authors performed an analysis of the accuracy of recognition of aerial photography objects based on data sets with different aggregation classes. The dataset used for neural network training consisted of 3-channel labeled images of 64x64 pixels size. Based on the analysis, the optimal number of epochs for training is selected, which makes it possible to recognize aerial photography objects with greater accuracy and speed. It was concluded that greater accuracy in image classification is achieved for sampling without crossing data from different classes (without aggregation of classes). The result of the work is recommended for use in the automation of dataset filling and information filtering of visual images.

Keywords: recognition of aerial photography objects, classification of data sets, recognition accuracy, neural network of the ConvNets group.

References

1. Abbas, A., Yadav, V., Smith, E., Ramjas, E., Rutter, S. B., Benavidez, C. et al. (2021). Computer Vision-Based Assessment of Motor Functioning in Schizophrenia: Use of Smartphones for Remote Measurement of Schizophrenia Symptomatology. *Digital Biomarkers*, 5 (1), 29–36. doi: <https://doi.org/10.1159/000512383>
2. Minz, P. S., Saini, C. S. (2021). Comparison of computer vision system and colour spectrophotometer for colour measurement of mozzarella cheese. *Applied Food Research*, 1 (2), 100020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100020>
3. Gao, S., Guan, H., Ma, X. (2022). A recognition method of multispectral images of soybean canopies based on neural network. *Ecological Informatics*, 68, 101538. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101538>
4. Prystavka, P., Dukhnovska, K., Kovtun, O., Leshchenko, O., Cholyshkina, O., Zhultynska, A. (2021). Devising information technology for determining the redundant information content of a digital image. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (114)), 59–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248698>
5. Appiah, O., Asante, M., Hayfron-Acquah, J. B. (2022). Improved approximated median filter algorithm for real-time computer vision applications. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34 (3), 782–792. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.04.005>
6. Liu, L., Chen, C. L. P., Zhou, Y., You, X. (2015). A new weighted mean filter with a two-phase detector for removing impulse noise. *Information Sciences*, 315, 1–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.03.067>
7. Belattar, S., Abdoun, O., Haimoudi, E. K. (2022). A Novel Strategy for Improving the Counter Propagation Artificial Neural Networks in Classification Tasks. *Journal of Communications Software and Systems*, 18 (1), 17–27. doi: <https://doi.org/10.24138/jcomss-2021-0121>
8. Kravchenko, Y., Leshchenko, O., Dakhno, N., Deinega, V., Shevchenko, H., Trush, O. (2020). Intellectual Fuzzy System Air Pollution Control. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). doi: <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349334>
9. Mahdianpari, M., Salehi, B., Rezaee, M., Mohammadimanesh, F., Zhang, Y. (2018). Very Deep Convolutional Neural Networks for Complex Land Cover Mapping Using Multispectral Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*, 10 (7), 1119. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10071119>
10. Prystavka, P., Dolgikh, S., Kozachuk, O. (2022). Terrain Image Recognition with Unsupervised Generative Representations: the Effect of Anomalies. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). doi: <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913178>
11. Muhtasim, D. A., Pavel, M. I., Tan, S. Y. (2022). A Patch-Based CNN Built on the VGG-16 Architecture for Real-Time Facial Liveness Detection. *Sustainability*, 14 (16), 10024. doi: <https://doi.org/10.3390/su141610024>
12. Zhang, H., Luo, X. (2022). The Role of Knowledge Creation-Oriented Convolutional Neural Network in Learning Interaction. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/6493311>
13. Hong, M., Choe, Y. (2019). Wasserstein Generative Adversarial Network Based De-Blurring Using Perceptual Similarity. *Applied Sciences*, 9 (11), 2358. doi: <https://doi.org/10.3390/app9112358>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.271774
DEVELOPING SATELLITE HYPERSPECTRAL IMAGE
PROCESSING USING A MAXIMUM ABUNDANCE
CLASSIFIER WITH NINE GROUND TRUTH CLASSES
 (p. 14–20)

Ghassan Ahmad Ismaeel

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2366-6924>

Mina Basheer Ghani

Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5633-307X>

Saad Qasim Abbas

Al-Turath University College, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8308-2918>

Mustafa Musa Jaber

Dijlah University College, Baghdad, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5777-9428>

Mohammed Hasan Ali

Imam Ja'afar Al-Sadiq University, Najaf, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7963-0918>

In the hundreds of bands of the photographed substance, hyperspectral imaging delivers a great density of spectral data. This allows the images to be used for a variety of purposes, including agriculture, geosciences, and biomedical imaging. Previous work didn't discuss the best classifier with sufficient ground truth classes. This work presents the application of maximum abundance classification (MAC) for classifying a variety of areas over hyperspectral images. The allocation of an end-member throughout hyperspectral images can be described with abundance maps. Since each pixel's abundance values represent the proportion of each end-member that is present in that pixel, the pixels in a hyperspectral image will be classified in this study by determining the highest abundance rate of every pixel and allocating it to the corresponding end-member category. The ground truth classes are represented by nine end-members in the test data: Bitumen, Shadows, Self-Blocking Bricks, Bare Soil, highlighted Metal area, Gravel, Meadows, Trees, and Asphalt. By uniformly distributing the range of wavelength over the amount of spectral domains, we initially determine the central wavelength for each band to visualize loaded data and the end-member signatures of nine ground truth classes. Next, we estimate the end-members abundance maps. Finally, we classify the Max Abundance of every pixel to present a color-coded image, the overlaid, and the classified hyperspectral image areas over their category labels. The result demonstrates that brick, bare soil, trees, and asphalt zones have all been correctly identified in the photographs, which is beneficial for the identification or detection of materials.

Keywords: hyperspectral image processing, maximum abundance classifier, ground truth, satellite maps.

References

- Sarić, R., Nguyen, V. D., Burge, T., Berkowitz, O., Trtílek, M., Whelan, J. et al. (2022). Applications of hyperspectral imaging in plant phenotyping. *Trends in Plant Science*, 27 (3), 301–315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.12.003>
- Sugawara, S., Sugizaki, S., Nakayama, Y., Taniguchi, H., Ishimaru, I. (2021). Preliminary study for detection of adhesive on a painted ceramic plate and varnish on printed paper using near-infrared hyperspectral imaging at wavelengths of 1.0–2.35 μm . *Infrared Physics & Technology*, 117, 103809. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2021.103809>
- Xue, Q., Qi, M., Li, Z., Yang, B., Li, W., Wang, F., Li, Q. (2021). Fluorescence hyperspectral imaging system for analysis and visualization of oil sample composition and thickness. *Applied Optics*, 60 (27), 8349. doi: <https://doi.org/10.1364/ao.432851>
- Shijer, S. S., Sabry, A. H. (2021). Analysis of performance parameters for wireless network using switching multiple access control method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238457>
- Mohammed, A. B., Al-Mafrji, A. A. M., Yassen, M. S., Sabry, A. H. (2022). Developing plastic recycling classifier by deep learning and directed acyclic graph residual network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (116)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254285>
- Guda, M., Gasser, S., El-Mahallawy, M. S., Shehata, K. (2020). FPGA Implementation of L1/2 Sparsity Constrained Nonnegative Matrix Factorization Algorithm for Remotely Sensed Hyperspectral Image Analysis. *IEEE Access*, 8, 12069–12083. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2966044>
- Gao, L., Zhang, B., Sun, X., Li, S., Du, Q., Wu, C. (2013). Optimized maximum noise fraction for dimensionality reduction of Chinese HJ-1A hyperspectral data. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2013 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/1687-6180-2013-65>
- Lv, N., Han, Z., Chen, C., Feng, Y., Su, T., Goudos, S., Wan, S. (2021). Encoding Spectral-Spatial Features for Hyperspectral Image Classification in the Satellite Internet of Things System. *Remote Sensing*, 13 (18), 3561. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13183561>
- Iyer, P., A. S., Lal, S. (2021). Deep learning ensemble method for classification of satellite hyperspectral images. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100580. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100580>
- Hagag, A., Fan, X., Abd El-Samie, F. E. (2017). HyperCast: Hyperspectral satellite image broadcasting with band ordering optimization. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 42, 14–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2016.11.006>
- Arellano, P., Tansey, K., Balzter, H., Boyd, D. S. (2015). Detecting the effects of hydrocarbon pollution in the Amazon forest using hyperspectral satellite images. *Environmental Pollution*, 205, 225–239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.05.041>
- Shin, J., Kim, K., Ryu, J.-H. (2020). Comparative study on hyperspectral and satellite image for the estimation of chlorophyll a concentration on coastal areas. *Korean Journal of Remote Sensing*, 36 (2_2), 309–323. doi: <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.2.2.7>
- Yang, M.-D., Huang, K.-H., Tsai, H.-P. (2020). Integrating MNF and HHT Transformations into Artificial Neural Networks for Hyperspectral Image Classification. *Remote Sensing*, 12 (14), 2327. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12142327>
- Huang, H., Chen, M., Duan, Y. (2019). Dimensionality Reduction of Hyperspectral Image Using Spatial-Spectral Regularized Sparse Hypergraph Embedding. *Remote Sensing*, 11 (9), 1039. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11091039>
- Veligandan, S. K., Rengasari, N. (2018). Hyperspectral image segmentation based on enhanced estimation of centroid with fast K-means. *The International Arab Journal of Information Technology*, 15 (5), 904–911. Available at: <https://iajit.org/portal/PDF/September%202018,%20No.%205/10400.pdf>
- Lin, L., Chen, C., Xu, T. (2020). Spatial-spectral hyperspectral image classification based on information measurement and CNN. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13638-020-01666-9>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273973
DEVELOPMENT OF A CROPPING RESILIENT
WATERMARKING SCHEME BASED ON CONTOURLET
TRANSFORM FOR SECURE IOT COMMUNICATION
(p. 21–28)

Yahya Idham

Ninevah University, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5236-8101>

Omar Alsaydia

Ninevah University, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5353-2786>

Mohammed A. M. Abdullah

Ninevah University, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3340-8489>

Ahmed Mohammed

Ninevah University, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9719-4387>

Ersin Elbasi

American University of the Middle East, Egaila, Kuwait

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8603-1435>

The objective of this work is to propose a robust watermarking method as watermarking techniques are widely used today for preventing image altering and duplication. With the growth of image-based IoT applications nowadays, the need for developing robust digital watermarking techniques is of high demand. In this work, a robust yet highly perceptible watermarking scheme is proposed. The proposed scheme is based on the Contourlet Transform (CT) and Singular Value Decomposition (SVD) as the embedding domain in which the high-frequency components are chosen for embedding. The frequency domain is selected in order to make the watermarking scheme resists image attacks as the watermark is spreaded across different frequency bands in the cover image and hence the possibility of altering all the embedded bands is not possible as it will results in destroying the cover image. On the other hand, the Arnold transformation was used to insure secure IOT communication where the Arnold transform is applied to the binary logo watermark before embedding for a more secure design. In this context, the host image has been decomposed into the first level of contourlet transform and the highest frequency sub-bands are selected for embedding after performing the SVD on those bands where the SVD matrix is chosen to be the embedding domain. Moreover, This work aims to resist the cropping attack on images where PSNR values were above 52 dB and NC values ranged from 0.8 to 0.9 under various types of cropping attacks. In addition, the proposed method demonstrates its ability to resist various geometric and noise attacks such as JPEG compression, histogram equalization, gaussian noising and image brightening. Comparisons with state-of-the-art work demonstrate the proposed scheme's efficiency.

Keywords: contourlet transform, watermarking, Arnold transform, geometric attacks, cropping attack, SVD.

References

1. The promise of telehealth for hospitals, health systems and their communities, TrendWatch (2015). American Hospital Association. Available at: <https://www.aha.org/guidesreports/2015-01-20-promise-telehealth-hospitals-health-systems-and-their-communities>
2. Anand, A., Singh, A. K. (2020). An improved DWT-SVD domain watermarking for medical information security. *Computer Communications*, 152, 72–80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.01.038>
3. Ananthaneni, V., Nelakuditi, U. R. (2017). Hybrid Digital Image Watermarking using Contourlet Transform (CT), DCT and SVD. *International Journal of Image Processing(IJIP)*, 11 (3), 85–93. Available at: <http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-major-projects/ECE/BTech%20DSP%20Major%202018/Base%20paper/8.pdf>
4. Aparna, P., Kishore, P. V. V. (2019). A Blind Medical Image Watermarking for Secure E-Healthcare Application Using Crypto-Watermarking System. *Journal of Intelligent Systems*, 29 (1), 1558–1575. doi: <https://doi.org/10.1515/jisys-2018-0370>
5. Bajaj, A. (2014). Robust and reversible digital image watermarking technique based on RDWT-DCT-SVD. 2014 International Conference on Advances in Engineering & Technology Research (ICAETR - 2014). doi: <https://doi.org/10.1109/icaetr.2014.7012955>
6. Surekha, B., Swamy, G. N. (2013). Sensitive digital image watermarking for copyright protection. *International Journal of Network Security*, 15 (2), 95–103. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Surekha-Borra/publication/286714951_Sensitive_Digital_Image_Watermarking_for_Copyright_Protection/links/5709516b08ae2eb9421e2ea6/Sensitive-Digital-Image-Watermarking-for-Copyright-Protection.pdf
7. Gavini, N. S., Borra, S. (2014). Lossless watermarking technique for copyright protection of high resolution images. 2014 IEEE REGION 10 SYMPOSIUM. doi: <https://doi.org/10.1109/tencon-spring2014.6863000>
8. Surekha, B., Swamy, G., Reddy, K. R. L. (2012). A novel copyright protection scheme based on Visual Secret Sharing. 2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12). doi: <https://doi.org/10.1109/icccnt.2012.6395968>
9. Magdy, M., Ghali, N. I., Ghoniemy, S., Hosny, K. M. (2022). Multiple Zero-Watermarking of Medical Images for Internet of Medical Things. *IEEE Access*, 10, 38821–38831. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3165813>
10. Wu, P., Chen, J. (2022). A New Information Hiding Scheme Using Discrete Wavelet Transform at Physical Layer. 2022 IEEE 2nd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA). doi: <https://doi.org/10.1109/icpeca53709.2022.9719283>
11. Anand, A., Singh, A. K. (2023). Dual Watermarking for Security of COVID-19 Patient Record. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 20 (1), 859–866. doi: <https://doi.org/10.1109/tosc.2022.3144657>
12. Ernawan, F., Ariatanto, D., Musa, Z., Mustafa, Z., Zain, J. M. (2020). An Improved Robust Watermarking Scheme using Flexible Scaling Factor. 2020 International Conference on Computational Intelligence (ICCI). doi: <https://doi.org/10.1109/icci51257.2020.9247798>
13. Preet, C., Aggarwal, R. K. (2017). Multiple image watermarking using LWT, DCT and arnold transformation. 2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI). doi: <https://doi.org/10.1109/icoei.2017.8300908>
14. Gupta, N., Bhansali, A. (2021). Embedding Color Watermark by Adjusting DCT using RGB Gray Scale Watermarking. 2021 Emerging Trends in Industry 4.0 (ETI 4.0). doi: <https://doi.org/10.1109/eti4.051663.2021.9619432>
15. Mohammed, A. A., Abdullah, M. A. M., Elbasi, E. (2021). A Hybrid Watermarking Scheme Based on Arnold Cat Map Against Lossy JPEG Compression. 2021 International Conference on In-

- formation Security and Cryptology (ISCTURKEY). doi: <https://doi.org/10.1109/iscturkey53027.2021.9654333>
16. Novamizanti, L., Wahidah, I., Wardana, N. (2020). A Robust Medical Images Watermarking Using FDCuT-DCT-SVD. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13 (6), 266–278. doi: <https://doi.org/10.22266/ijies2020.1231.24>
 17. Elbasi, E., Kaya, V. (2018). Robust Medical Image Watermarking Using Frequency Domain and Least Significant Bits Algorithms. 2018 International Conference on Computing Sciences and Engineering (ICCSE). doi: <https://doi.org/10.1109/iccse1.2018.8374221>
 18. Mohammed, A. A., Abdullah, M. A. M., Awad, S. R., Alghareb, F. S. (2022). A Novel FDCT-SVD Based Watermarking with Radon Transform for Telemedicine Applications. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 15 (4). doi: <https://doi.org/10.22266/ijies2022.0228.07>
 19. Kang, X., Zhao, F., Lin, G., Chen, Y. (2017). A novel hybrid of DCT and SVD in DWT domain for robust and invisible blind image watermarking with optimal embedding strength. *Multimedia Tools and Applications*, 77 (11), 13197–13224. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4941-1>
 20. Mohammed, A. A., Elbasi, E., Alsaydia, O. M. (2021). An Adaptive Robust Semi-blind Watermarking in Transform Domain Using Canny Edge Detection Technique. 2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). doi: <https://doi.org/10.1109/tsp52935.2021.9522657>
 21. Kamili, A., Hurrah, N. N., Parah, S. A., Bhat, G. M., Muhammad, K. (2021). DWFCAT: Dual Watermarking Framework for Industrial Image Authentication and Tamper Localization. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17 (7), 5108–5117. doi: <https://doi.org/10.1109/tii.2020.3028612>
 22. Borra, S., Lakshmi, H., Dey, N., Ashour, A., Shi, F. (2017). Digital image watermarking tools: state-of-the-art. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 296, 450–459.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272952

ORGANIZATION OF ONLINE LEARNING USING THE INTELLIGENT METASYSTEM OF OPEN SEMANTIC TECHNOLOGY FOR INTELLIGENT SYSTEMS (p. 29–40)

Aliya Kintonova

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8405-5038>

Amanbek Sabitov

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4573-7300>

Igor Povkhan

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1681-3466>

Dinara Khaimulina

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3382-8192>

Galymzhan Gabdreshov

Research Institute "Sezual", Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2219-4056>

Distance learning today allows you to create a system of mass continuous self-learning, universal exchange of information, regardless of the presence of time and space zones. For more effective online

learning, it is necessary to introduce artificial intelligence technologies and methods for implementing learning systems.

In this paper, the objects of research were:

- 1) the capabilities of the OSTIS open semantic technology, the capabilities of the IMS.OSTIS metasystem for organizing online learning;
- 2) machine learning method – classification.

Results of the study:

- 1) an online course was organized using the IMS.OSTIS metasystem of the OSTIS open semantic technology;
- 2) for the analysis and visualization of training data, a machine learning method is implemented – classification.

The results of the implementation of the online course were obtained using the semantic technology for designing an intelligent learning system: the IMS.OSTIS metasystem using the graphical semantic code SCg. The OSTIS kernel requires a machine with the Ubuntu operating system installed, which is a GNU/Linux distribution based on Debian GNU/Linux, an operating system based on the Linux kernel.

The paper also shows an example of using the machine learning method – classification. This method allows you to classify data. Intelligent processing and visualization of data were carried out based on the results of testing students in order to classify them into letter categories A, B, C, D according to a set of features: scores and points of the average score. The high-level Python library Pandas was used, this is a library for data analysis. To visualize the results of data processing, the Matplotlib library in Python was used.

Keywords: online learning, online course, data visualization method, machine learning method.

References

1. Khor, E. T., Looi, C. K. (2022). A Learning Analytics Approach to Model and Predict Learners' Success in Digital Learning. *AS-CILITE Publications*, 476–480. doi: <https://doi.org/10.14742/apubs.2019.315>
2. Obaid, T., Eneizan, B., Abumandil, M. S. S., Mahmoud, A. Y., Abu-Naser, S. S., Ali, A. A. A. (2022). Factors Affecting Students' Adoption of E-Learning Systems During COVID-19 Pandemic: A Structural Equation Modeling Approach. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 227–242. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-16865-9_19
3. Huang, A. Y. Q., Lu, O. H. T., Yang, S. J. H. (2018). Applying Learning Analytics for the Early Prediction of Students' Academic Performance in Blended Learning. *Educational Technology & Society*, 21 (2), 220–232. Available at: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1175301>
4. Barthakur, A., Joksimovic, S., Kovanovic, V., Richey, M., Pardo, A. (2022). Aligning objectives with assessment in online courses: Integrating learning analytics and measurement theory. *Computers & Education*, 190, 104603. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104603>
5. Sukirman, D., Setiawan, B., Riyana, C. (2022). Development of Massive Open Online Courses (MOOC) Content to Improve Indonesian Teachers' Pedagogical Competence: MOOC Technology Instructional Process. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 11 (6), 255. doi: <https://doi.org/10.36941/ajis-2022-0166>
6. Abbitt, J. T. (2011). An Investigation of the Relationship between Self-Efficacy Beliefs about Technology Integration and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) among Preservice Teachers. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27 (4), 134–143. doi: <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784670>
7. Paaßen, B., McBroom, J., Jeffries, B., Yacef, K., Koprinska, I. (2021). Mapping Python Programs to Vectors using Recursive Neural Encodings. *Journal of Educational Data Mining*, 13 (3), 1–35. Available at: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1320641>

8. Kintonova, A. Zh., Nurmukanova, Zh. (2016). Using OSTIS technology to create a knowledge base of an intelligent electronic publication. V International Scientific and Practical Conference "Informatization of Society". Kazakhstan, 226–228.
9. Kintonova, A., Povkhan, I. F., Sabitov, A., Tokkuliyeva, A., Demidchik, N. (2022). Online Learning Technologies. 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON). doi: <https://doi.org/10.1109/energycon53164.2022.9830387>
10. Golenkov, V. V., Gulyakina, N. A. (2015). Semantic technology of component design of knowledge-driven systems. OSTIS-2015.
11. Raymond, E. (1999). *The Cathedral & the Bazaar*. O'Reilly Media.
12. Ghandour, A., Kintonova, A., Demidchik, N., Sverdlukova, E. (2021). Solving Tourism Management Challenges by Means of Mobile Augmented Reality Applications. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 16 (6), 1–16. doi: <https://doi.org/10.4018/ijwltt.293280>
13. Gulyakina, N. A., Pivovarchik, O. V. (2011). Integrated methodology for designing and teaching the design of intelligent reference systems. OSTIS-2011.
14. Shunkevich, D. V. (2013). Models and tools for component design of knowledge processing machines based on semantic networks. OSTIS-2013.
15. Caiko, J., Kintonova, A., Mussina, G., Kurmanbayeva, A., Nazarmatova, B. (2022). Modern Models Of Learning At The University. 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON). doi: <https://doi.org/10.1109/energycon53164.2022.9830331>
16. Brooker, A., Corrin, L., De Barba, P., Lodge, J., Kennedy, G. (2018). A tale of two MOOCs: How student motivation and participation predict learning outcomes in different MOOCs. *Australasian Journal of Educational Technology*, 34 (1). doi: <https://doi.org/10.14742/ajet.3237>
17. Adomavicius, G., Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17 (6), 734–749. doi: <https://doi.org/10.1109/tkde.2005.99>
18. Fincham, E., Gasevic, D., Jovanovic, J., Pardo, A. (2019). From Study Tactics to Learning Strategies: An Analytical Method for Extracting Interpretable Representations. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12 (1), 59–72. doi: <https://doi.org/10.1109/tlt.2018.2823317>
19. George, G., Lal, A. M. (2019). Review of ontology-based recommender systems in e-learning. *Computers & Education*, 142, 103642. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103642>
20. Henrie, C. R., Halverson, L. R., Graham, C. R. (2015). Measuring student engagement in technology-mediated learning: A review. *Computers & Education*, 90, 36–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.005>
21. Hsiao, C. C., Huang, J. C. H., Huang, A. Y. Q., Lu, O. H. T., Yin, C. J., Yang, S. J. H. (2018). Exploring the effects of online learning behaviors on short-term and long-term learning outcomes in flipped classrooms. *Interactive Learning Environments*, 27 (8), 1160–1177. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1522651>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274483

ASSESSMENT OF PLANT DISEASE DETECTION BY DEEP LEARNING (p. 41–48)

Akan Alpyssov

Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7119-4584>

Nurgul Uzakkyzy

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,
 Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>

Ayazbaev Talgatbek

International Taraz Innovative Institute, Taraz,
 Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3914-3776>

Raushan Moldasheva

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana,
 Republic of Kazakhstan,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4570-0487>

Gulmira Bekmagambetova

Kazakh University of Technology and Business, Astana,
 Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8999-793X>

Mnyaura Yessekeyeva

Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0128-8088>

Dossym Kenzhaliev

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,
 Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5702-5060>

Assel Yerzhan

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
 named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3533-1371>

Ailanysh Tolstoy

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,
 Republic of Kazakhstan,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8230-0629>

Plant disease and pest detection machines were originally used in agriculture and have, to some extent, replaced traditional visual identification. Plant diseases and pests are important determinants of plant productivity and quality. Plant diseases and pests can be identified using digital image processing. According to the difference in the structure of the network, this study presents research on the detection of plant diseases and pests based on three aspects of the classification network, detection network, and segmentation network in recent years, and summarizes the advantages and disadvantages of each method. A common data set is introduced and the results of existing studies are compared. This study discusses possible problems in the practical application of plant disease and pest detection based on deep learning.

Conventional image processing algorithms or manual descriptive design and classifiers are often used for traditional computer vision-based plant disease and pest detection. This method usually uses various characteristics of plant diseases and pests to create an image layout and selects a useful light source and shooting angle to produce evenly lit images.

The purpose of this work is to identify a group of pests and diseases of domestic and garden plants using a mobile application and display the final result on the screen of a mobile device. In this work, data from 38 different classes were used, including diseased and healthy leaf images of 13 plants from plantVillage. In the experiment, Inception v3 tends to consistently improve accuracy with an increasing number of epochs with no sign of overfitting and performance degradation. Keras with Theano backend used to teach architectures.

Keywords: image processing, Inception v3, deep learning, classification, plant diseases, clustering.

References

1. Mathew, A., Amudha, P., Sivakumari, S. (2020). Deep Learning Techniques: An Overview. *Advanced Machine Learning Technologies and Applications*, 599–608. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_54

2. Ahmad, J., Farman, H., Jan, Z. (2018). Deep Learning Methods and Applications. SpringerBriefs in Computer Science, 31–42. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3459-7_3
3. Golenko, Y., Ismailova, A., Shaushenova, A., Mutalova, Z., Dos-salyanov, D., Ainagulova, A., Naizagarayeva, A. (2022). Implementation of machine learning models to determine the appropriate model for protein function prediction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (4 (119)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263270>
4. Tussupov, J., La, L., Mukhanova, A. (2014). A model of fuzzy synthetic evaluation method realized by a neural network. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 8, 103–106. Available at: <https://www.naun.org/main/NAUN/ijmmas/2014/a142001-069.pdf>
5. Orazayeva, A., Wójcik, W., Pavlov, S., Tymchenko, L., Kokriatska, N., Tverdomed, V. et al. (2022). Biomedical image segmentation method based on contour preparation. Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2657929>
6. Burger, W., Burge, M. J. (2022). Scale-Invariant Feature Transform (SIFT). Digital Image Processing, 709–763. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-05744-1_25
7. Yang, J., Huang, J., Jiang, Z., Dong, S., Tang, L., Liu, Y. et al. (2020). SIFT-aided path-independent digital image correlation accelerated by parallel computing. Optics and Lasers in Engineering, 127, 105964. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2019.105964>
8. Awaludin, M., Yasin, V. (2020). Application of Oriented Fast and Rotated Brief (Orb) and Brute-force Hamming in Library Opencv for Classification of Plants. JISAMAR (Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research), 4 (3), 51–59. Available at: <https://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisamar/article/view/247>
9. Rahmad, C., Asmara, R. A., Putra, D. R. H., Dharma, I., Darmono, H., Muhiqin, I. (2020). Comparison of Viola-Jones Haar Cascade Classifier and Histogram of Oriented Gradients (HOG) for face detection. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 732 (1), 012038. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/732/1/012038>
10. Mohanty, A., Nam, A., Pozhitkov, A., Yang, L., Srivastava, S., Nathan, A. et al. (2020). A Non-genetic Mechanism Involving the Integrin $\beta 4$ /Paxillin Axis Contributes to Chemoresistance in Lung Cancer. IScience, 23 (9), 101496. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101496>
11. Charbuty, B., Abdulazeez, A. (2021). Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning. Journal of Applied Science and Technology Trends, 2 (01), 20–28. doi: <https://doi.org/10.38094/jastt20165>
12. Yessenova, M., Abdikerimova, G., Adilova, A., Yerzhanova, A., Kakabayev, N., Ayazbaev, T. et al. (2022). Identification of factors that negatively affect the growth of agricultural crops by methods of orthogonal transformations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (2 (117)), 39–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.257431>
13. Chen, S., Webb, G. I., Liu, L., Ma, X. (2020). A novel selective naïve Bayes algorithm. Knowledge-Based Systems, 192, 105361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105361>
14. Hameed, Z., Zahia, S., Garcia-Zapirain, B., Javier Aguirre, J., María Vanegas, A. (2020). Breast Cancer Histopathology Image Classification Using an Ensemble of Deep Learning Models. Sensors, 20 (16), 4373. doi: <https://doi.org/10.3390/s20164373>
15. Vangara, R. V. B., Thirupathur, K., Vangara, S. P. (2020). Opinion Mining Classification using Naive Bayes Algorithm. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 9 (5), 495–498. doi: <https://doi.org/10.35940/ijitee.e2402.039520>
16. Jignesh Chowdary, G., Punn, N. S., Sonbhadra, S. K., Agarwal, S. (2020). Face Mask Detection Using Transfer Learning of InceptionV3. Lecture Notes in Computer Science, 81–90. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66665-1_6
17. Degadwala, S., Vyas, D., Biswas, H., Chakraborty, U., Saha, S. (2021). Image Captioning Using Inception V3 Transfer Learning Model. 2021 6th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). doi: <https://doi.org/10.1109/icc51350.2021.9489111>
18. Berrar, D. (2019). Bayes' Theorem and Naive Bayes Classifier. Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology, 403–412. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.20473-1>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273934

IMPROVING THE METHOD OF LINEAR-QUADRATIC CONTROL OVER A PHYSICAL MODEL OF VESSEL WITH AZIMUTHAL THRUSTERS (p. 49–71)

Albert Sandler

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0709-0542>

Vitalii Budashko

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4873-5236>

Sergii Khniunin

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5941-5372>

The object of this research is the algorithms for controlling large-scale models of sea-based vehicles (SBVs). The subject of the research is a linear-quadratic method for controlling a model of the propulsion complex with azimuthal thrusters (ATs) in the aft part. The problem is the solution between the interdependent throws of surge, sway, and yaw speeds predicted by the linear controller. Input signals are the rotational speeds and the angles of ATs propeller thrusts with respect to the diametrical plane of SBVs. During the simulation, step responses of a closed system for overload and rotation speed are compared. Simulation of speed jumps showed an adequate response, in contrast to the speed of rotation of ATs, which showed a greater impact on the system than the orientation of ATs. When modeling the rate of yaw, the behavior of the ATs angle did not correspond to its limitations inherent in the device rotating at the appropriate speed. It is concluded that this is the result of linearization of the actuators, and the proposed solution is to implement the strengthening of the task to better adapt to the rotating behavior of ATs. Despite these problems, the simulation showed the potential of the model and controller for use in similar situations. Several modifications are also offered to significantly improve the model and simulations. One of the main changes that could be made is the implementation of a predictive gain during the linearization of the ATs control system. The practical significance of the results obtained is the fact that the quadratic optimization model is an effective and reliable technique in the process of designing SBVs of various configurations of steering devices for optimal control.

Keywords: modeling, thruster, linear-quadratic regulator, optimization, combined propulsion complex, dual purpose.

References

1. 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>

2. 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>
3. Vitalii, B., Vitalii, N., Mark, N., Sergii, K. (2018). Parametrization and identification of energy flows in the ship propulsion complex. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336205>
4. Budashko, V. V. (2017). Design of the three-level multicriterial strategy of hybrid marine power plant control for a combined propulsion complex. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2, 62–72. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2017.2.10>
5. Budashko, V., Nikolskyi, V., Onishchenko, O., Khniunin, S. (2016). Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (81)), 10–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72543>
6. Chen, T.-Y. (2013). An interval-valued intuitionistic fuzzy LINMAP method with inclusion comparison possibilities and hybrid averaging operations for multiple criteria group decision making. *Knowledge-Based Systems*, 45, 134–146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2013.02.012>
7. Fossen, T. I., Sagatun, S. I., Sørensen, A. J. (1996). Identification of dynamically positioned ships. *Control Engineering Practice*, 4 (3), 369–376. doi: [https://doi.org/10.1016/0967-0661\(96\)00014-7](https://doi.org/10.1016/0967-0661(96)00014-7)
8. Liang, C. C., Cheng, W. H. (2004). The optimum control of thruster system for dynamically positioned vessels. *Ocean Engineering*, 31 (1), 97–110. doi: [https://doi.org/10.1016/s0029-8018\(03\)00016-7](https://doi.org/10.1016/s0029-8018(03)00016-7)
9. Uyar, E., Alpkaya, A. T., Mutlu, L. (2016). Dynamic Modelling, Investigation of Manoeuvring Capability and Navigation Control of a Cargo Ship by using Matlab Simulation. *IFAC-PapersOnLine*, 49 (3), 104–110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.018>
10. Naeem, W., Sutton, R., Ahmad, S. M. (2003). LQG/LTR Control of an Autonomous Underwater Vehicle Using a Hybrid Guidance Law. *IFAC Proceedings Volumes*, 36 (4), 31–36. doi: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)36653-3](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)36653-3)
11. Skjetne, R., Fossen, T. I., Kokotović, P. V. (2005). Adaptive maneuvering, with experiments, for a model ship in a marine control laboratory. *Automatica*, 41 (2), 289–298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2004.10.006>
12. Ljungberg, F. (2020). Estimation of Nonlinear Greybox Models for Marine Applications. *Linköping Studies in Science and Technology*. Linköping. doi: <https://doi.org/10.3384/lic.diva-165828>
13. Lang, X., Mao, W. (2020). A semi-empirical model for ship speed loss prediction at head sea and its validation by full-scale measurements. *Ocean Engineering*, 209, 107494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107494>
14. Aurlien, A., Breivik, M., Eriksen, B.-O. H. (2021). Multivariate Modeling and Adaptive Control of Autonomous Ferries. *IFAC-PapersOnLine*, 54 (16), 395–401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.122>
15. Sukkarieh, S., Nebot, E. M., Durrant-Whyte, H. F. (1999). A high integrity IMU/GPS navigation loop for autonomous land vehicle applications. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 15 (3), 572–578. doi: <https://doi.org/10.1109/70.768189>
16. Wang, Z., Montanaro, U., Fallah, S., Sorniotti, A., Lenzo, B. (2018). A gain scheduled robust linear quadratic regulator for vehicle direct yaw moment Control. *Mechatronics*, 51, 31–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.01.013>
17. Sandler, A., Budashko, V. (2022). Improving tools for diagnosing technical condition of ship electric power installations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (119)), 25–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266267>
18. Caron, F., Duflos, E., Pomorski, D., Vanheeghe, P. (2006). GPS/IMU data fusion using multisensor Kalman filtering: introduction of contextual aspects. *Information Fusion*, 7 (2), 221–230. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2004.07.002>
19. Ccolque-Churquipa, A., Cutipa-Luque, J. C., Aco-Cardenas, D. Y. (2018). Implementation of a Measurement System for the Attitude, Heading and Position of a USV Using IMUs and GPS. 2018 IEEE ANDESCON. doi: <https://doi.org/10.1109/andescon.2018.8564668>
20. Chrif, L., Kadda, Z. M. (2014). Aircraft Control System Using LQG and LQR Controller with Optimal Estimation-Kalman Filter Design. *Procedia Engineering*, 80, 245–257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.084>
21. Budashko, V. V. (2016). Increasing control's efficiency for the ship's two-mass electric drive. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 4, 34–42. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2016.4.05>
22. Gibson, J. D. (2003). Performance effects of optimal LQG eigenvalue placement in ship control. *IECON'03. 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IEEE Cat. No.03CH37468)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iecon.2003.1279991>
23. Jerrelind E. (2021). Linear Quadratic Control of a Marine Vehicle with Azimuth Propulsion, Internet, Dissertation. Available from: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-178007>
24. Sir Elkhatem, A., Naci Engin, S. (2022). Robust LQR and LQR-PI control strategies based on adaptive weighting matrix selection for a UAV position and attitude tracking control. *Alexandria Engineering Journal*, 61 (8), 6275–6292. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.11.057>
25. Gandhi, P., Adarsh, S., Ramachandran, K. I. (2017). Performance Analysis of Half Car Suspension Model with 4 DOF using PID, LQR, FUZZY and ANFIS Controllers. *Procedia Computer Science*, 115, 2–13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.09.070>
26. Linder, J. (2014). Graybox Modelling of Ships Using Indirect Input Measurements. *Linköping*. doi: <https://doi.org/10.3384/lic.diva-111095>
27. Oosterveld, M. W. C., van Oossanen, P. (1975). Further computer-analyzed data of the Wageningen B-screw series. *International Shipbuilding Progress*, 22 (251), 251–262. doi: <https://doi.org/10.3233/isp-1975-2225102>
28. Sáez, D., Cipriano, A. (1998). Fuzzy Linear Quadratic Regulator Applied to the Real Time Control of an Inverted Pendulum. *IFAC Proceedings Volumes*, 31 (4), 155–160. doi: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)42150-1](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)42150-1)
29. Sørensen, A. J., Ådnanes, A. (1997). High Performance Thrust Allocation Scheme in Positioning of Ships Based on Power and Torque Control. *Marine Technology Society*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/255649795_High_Performance_Thrust_Allocation_Scheme_in_Positioning_of_Ships_Based_on_Power_and_Torque_Control
30. 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>
31. 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>
32. Zanchetta, M., Tavernini, D., Sorniotti, A., Gruber, P., Lenzo, B., Ferrara, A. et al. (2019). Trailer control through vehicle yaw moment control: Theoretical analysis and experimental assessment. *Mechatronics*, 64, 102282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2019.102282>

33. 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>
34. 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>
35. 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>
36. Wu, T.-S., Karkoub, M., Yu, W.-S., Chen, C.-T., Her, M.-G., Wu, K.-W. (2016). Anti-sway tracking control of tower cranes with delayed uncertainty using a robust adaptive fuzzy control. *Fuzzy Sets and Systems*, 290, 118–137. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.01.010>
37. Sandler, A. K., Budashko, V. V. (2022). Volokonno-optychnyi inklinometr dlia diahnostuvannia elementiv sudnovoho propul'syvnogo kompleksu. XI naukova konferentsiya «Naukovi pidsumky 2022 roku». Kharkiv: Tekhnolohichniy tsentr, 43–44. Available at: https://entc.com.ua/download/Збірник%20рез_11_Наукової%20конференції_НАУКОВІ%20ПІДСУМКИ%202022%20РОКУ_.pdf
38. Budashko, V., Shevchenko, V. (2021). Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 54–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229033>
39. Budashko, V., Sandler, A., Shevchenko, V. (2022). Optimization of the control system for an electric power system operating on a constant-power hyperbole. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (8 (115)), 6–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252172>
40. Budashko, V., Sandler, A., Shevchenko, V. (2022). Diagnosis of the Technical Condition of High-tech Complexes by Probabilistic Methods. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (1), 105–111. doi: <https://doi.org/10.12716/1001.16.01.11>
41. Myrhorod, V., Gvozdeva, I., Budashko, V. (2022). Approximation - markov models of changes in the technical condition parameters of power and energy installations in long-term operation. *Aerospace Technic and Technology*, 4sup2, 73–79. doi: <https://doi.org/10.32620/akt.2022.4sup2.11>
42. Hvozdeva, I. M., Myrhorod, V. E., Budashko, V. V. (2021). Two-dimensional singular decomposition of time series components. *Applied Questions of Mathematical Modeling*, 4, 66–75. doi: <https://doi.org/10.32782/kntu2618-0340/2021.4.2.1.6>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272318

JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR DETERMINING THE DYNAMIC PARAMETERS OF THE MOBILE FIRE FIGHTING INSTALLATION OPERATOR (p. 72–78)

Yuriy Abramov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Oleksii Basmanov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

Vitaliy Sobyna

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

Oleksandr Kovalov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4974-5201>

Andrey Feshchenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4869-6428>

The object of this study is the process of functioning of the “man-robot” system. The task to coordinate parameters of the human operator and the robot is investigated. Aligning these parameters is based on the method of determining the dynamic parameters of the human operator using mathematical models that describe two types of relative errors. The first type includes relative errors in determining the dynamic parameters of the operator, which depend on the error in determining the signals characterizing his response to the test impact. The second type of relative errors is the methodical error, which is due to the approximation of partial derivatives.

The formation of a test impact on the operator is carried out using an interactive whiteboard. The method is based on finding the roots of a linear system of algebraic equations, for the construction of which an approximation of partial derivatives from signals characterizing the operator's response to the test effect is used. The parameters of this system of algebraic equations depend on time parameters. Determination of time parameters is carried out using tolerance criteria and using nomograms. When justifying the main parameter of the test impact on the operator – the speed of movement of the fire front on the interactive whiteboard screen, the properties of the angular eye control system of the mobile fire installation operator are used. These properties are formalized as a mathematical model of dynamic error, which occurs in the process of tracking by the operator the image of a fire on the interactive whiteboard screen. To verify the obtained results, a test problem has been solved; it is shown that the error in determining the dynamic parameters of the operator does not exceed 1.0 %.

The results reported here could be used for designing mobile fire installations of a new generation, the structure of which is based on the use of segways.

Keywords: fire installation operator, dynamic parameters, test impact, operator response signal.

References

1. Paris Firefighters Used This Remote-Controlled Robot to Extinguish the Notre Dame Blaze. Available at: <https://spectrum.ieee.org/colossus-the-firefighting-robot-that-helped-save-notre-dame#toggle-gdpr>
2. Firefighter Drones – How Drones are Being Used for Helping Fire Departments. Available at: <https://dronenodes.com/firefighter-drones/>
3. Segway-like robots designed to help firefighters and save lives. Available at: <https://newatlas.com/firefighting-robot-ffr/27849/>
4. Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G. G., Faccio, M., Rosati, G. (2019). Human–Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review. *Robotics*, 8 (4), 100. doi: <https://doi.org/10.3390/robotics8040100>
5. Roveda, L., Maskani, J., Franceschi, P., Abdi, A., Braghin, F., Molinari Tosatti, L., Pedrocchi, N. (2020). Model-Based Reinforcement Learning Variable Impedance Control for Human-Robot Collaboration. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 100 (2), 417–433. doi: <https://doi.org/10.1007/s10846-020-01183-3>
6. Semeraro, F., Griffiths, A., Cangelosi, A. (2023). Human–robot collaboration and machine learning: A systematic review of re-

- cent research. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 79, 102432. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102432>
7. Murali, P. K., Darvish, K., Mastrogiovanni, F. (2020). Deployment and evaluation of a flexible human–robot collaboration model based on AND/OR graphs in a manufacturing environment. *Intelligent Service Robotics*, 13 (4), 439–457. doi: <https://doi.org/10.1007/s11370-020-00332-9>
 8. Kaber, D. B. (2017). Issues in Human–Automation Interaction Modeling: Presumptive Aspects of Frameworks of Types and Levels of Automation. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 12 (1), 7–24. doi: <https://doi.org/10.1177/1555343417737203>
 9. Müller, R., Oehm, L. (2018). Process industries versus discrete processing: how system characteristics affect operator tasks. *Cognition, Technology & Work*, 21 (2), 337–356. doi: <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0511-1>
 10. Sharifi, M., Zakerimaneh, A., Mehr, J. K., Torabi, A., Mushahwar, V. K., Tavakoli, M. (2022). Impedance Variation and Learning Strategies in Human–Robot Interaction. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 52 (7), 6462–6475. doi: <https://doi.org/10.1109/tcyb.2020.3043798>
 11. He, W., Xue, C., Yu, X., Li, Z., Yang, C. (2020). Admittance-Based Controller Design for Physical Human–Robot Interaction in the Constrained Task Space. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 17 (4), 1937–1949. doi: <https://doi.org/10.1109/tase.2020.2983225>
 12. Tölgyessy, M., Dekan, M., Hubinský, P. (2018). Human-Robot Interaction Using Pointing Gestures. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control*. doi: <https://doi.org/10.1145/3284557.3284718>
 13. Casalino, A., Messeri, C., Pozzi, M., Zanchettin, A. M., Rocco, P., Prattichizzo, D. (2018). Operator Awareness in Human–Robot Collaboration Through Wearable Vibrotactile Feedback. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3 (4), 4289–4296. doi: <https://doi.org/10.1109/lra.2018.2865034>
 14. Buldakova, T. I., Suyatinov, S. I. (2019). Hierarchy of Human Operator Models for Digital Twin. 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). doi: <https://doi.org/10.1109/rusautocon.2019.8867602>
 15. Surya Atman, M. W., Noda, K., Funada, R., Yamauchi, J., Hatanaka, T., Fujita, M. (2019). On Passivity-Shortage of Human Operators for A Class of Semi-autonomous Robotic Swarms. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (34), 21–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.01.008>
 16. Khudyakova, E. P., Sedelkova, V. A., Tarasenkov, G. G., Chertopolokhov, V. A., Belousova, M. D., Natura, E. S. (2021). Characteristics of operator performance in controlling a virtual lunar rover during simulated lunar gravity. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0035989>
 17. Grootheest, H. A. (2017). Human-Operator Identification with Time-Varying ARX Models. Available at: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:da69d1cf-3274-466f-bbc2-573f571d154e?collection=education>
 18. Sobina, V., Hizhnyak, A., Abramov, Yu. (2019). Determination of parameters of the model of the operator of a mobile fire installation. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 45, 161–166. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol45/Sobina.pdf>
 19. Abramov, Yu. O., Sobyna, V. O., Tyshchenko, Ye. O., Khyzhniak, A. A., Khmyrov, I. M. (2018). Pat. No. 128951 UA. Prystriy dlia vyznachennia kharakterystyk operatora mobilnoho pozhezhnoho robota. No. u201805111; declaredted: 08.05.2018; published: 10.10.2018, Bul. No. 19. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=251706>
 20. Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Sobyna, V., Sokolov, D. (2021). Developing a method for determining the dynamic parameters of the operator of a mobile fire engine based on a Segway. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (111)), 58–63. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233365>
 21. Abramov, Yu. O., Sobyna, V. O., Tyshchenko, Ye. O., Khyzhniak, A. A., Danilin, O. M. (2019). Pat. No. 135301 UA. Prystriy dlia vyznachennia kharakterystyk operatora mobilnoho pozhezhnoho robota. No. u201900596; declaredted: 21.01.2019; published: 25.06.2019, Bul. No. 12. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=259683>

АНОТАЦІЇ

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272951**РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ АЕРОЗЙОМКИ НА ОСНОВІ НАБОРІВ ДАНИХ З РІЗНОЮ АГРЕГАЦІЄЮ КЛАСІВ (с. 6–13)****П. О. Приставка, К. К. Духновська, О. І. Ковтун, О. О. Лещенко, О. Г. Чолишкіна, В. О. Семенов**

Об'єктом дослідження даної роботи є алгоритми розпізнавання об'єктів аерозйомки, а саме проведення аналізу точності розпізнавання на основі наборів даних з різною агрегацією класів.

Для вирішення цієї задачі розроблено інформаційну систему для розпізнавання об'єктів за даними аерофотозйомки. Для створення інформаційної системи була обрана та використана архітектура, що базується на архітектурах нейронних мереж групи ConvNets з модифікаціями у структурі. Використання згортової нейронної мережі групи ConvNets в архітектурі інформаційної системи для розпізнавання об'єктів аерозйомки дає високі показники точності при навчанні інформаційної системи і валідації її результатів. Але досліджень з приводу навчання нейронної мережі групи ConvNets авторами не виявлено. Тому було прийняте рішення провести аналіз в якому разі мережа групи ConvNets надасть результати валідації з більш високою точністю, коли навчання відбувається на датасетах з агрегацією класів чи без неї.

Проведено аналіз точності розпізнавання об'єктів аерозйомки на основі наборів даних з різною агрегацією класів. Набір даних, що використовувався для навчання нейронної мережі складався з 3-канальних розмічених зображень розміру 64x64 пікселів. На основі аналізу обрана оптимальна кількість епох для навчання, що дає можливість розпізнавати об'єкти аерозйомки з більшою точністю і швидкістю. Зроблено висновок, що більша точність при класифікації зображень досягається для вибірки без перетину даних з різних класів (без агрегації класів). Результат роботи рекомендується використовувати при автоматизації наповнення датасетів, та інформаційною фільтрацією візуальних образів.

Ключові слова: розпізнавання об'єктів аерозйомки, класифікація наборів даних, точність розпізнавання, нейронна мережа групи ConvNets.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.271774**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОБРОБКИ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСИФІКАТОРА ЗА МАКСИМАЛЬНОЮ ПОШИРЕНІСТЮ З ДЕВ'ЯТЬМА КЛАСАМИ ДАНИХ НАЗЕМНОГО КОНТРОЛЮ (с. 14–20)****Ghassan Ahmad Ismaeel, Mina Basheer Gheni, Saad Qasim Abbas, Mustafa Musa Jaber, Mohammed Hasan Ali**

Гіперспектральна візуалізація забезпечує велику щільність спектральних даних у сотнях смуг сфотографованої речовини. Це дозволяє використовувати зображення для різних цілей, включаючи сільське господарство, науки про землю та біомедичну візуалізацію. У попередній роботі не обговорювався найбільш ефективний класифікатор з достатньою кількістю класів даних наземного контролю. У даній роботі представлено застосування класифікації за максимальною поширеністю (MAC) для класифікації різних областей гіперспектральних зображень. Розподіл кінцевого елемента на гіперспектральних зображеннях можна описати за допомогою карт поширеності. Оскільки значення поширеності кожного пікселя представляють частку кожного кінцевого елемента, присутнього в цьому пікселі, пікселі на гіперспектральному зображенні будуть класифіковані в цьому дослідженні шляхом визначення найбільшого ступеня поширеності кожного пікселя і віднесення його до відповідної категорії кінцевих елементів. Класи даних наземного контролю представлені дев'ятьма кінцевими елементами в тестових даних: бітум, тіні, цегла, що самоблокується, голий ґрунт, пофарбовані металеві листи, гравій, луки, дерева і асфальт. Розподіляючи діапазон довжин хвиль рівномірно за кількістю спектральних областей, ми спочатку визначаємо центральну довжину хвилі для кожної смуги для візуалізації завантажених даних та підпису кінцевих елементів дев'яти основних класів даних наземного контролю. Далі ми оцінюємо карти поширеності кінцевих елементів. Нарешті, ми класифікуємо максимальну поширеність кожного пікселя для представлення кольорокодованого зображення, накладених та класифікованих областей гіперспектрального зображення над мітками їхніх категорій. Результат показує, що ділянки цегли, голого ґрунту, дерев та асфальту були правильно ідентифіковані на фотографіях, що може бути використано для ідентифікації або виявлення матеріалів.

Ключові слова: обробка гіперспектральних зображень, класифікатор за максимальною поширеністю, дані наземного контролю, супутникові карти.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273973**РОЗРОБКА СТІЙКОЇ СХЕМИ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ НА ОСНОВІ КОНТУРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ КОМУНІКАЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (с. 21–28)****Yahya Idham, Omar Alsaydia, Mohammed A. M. Abdullah, Ahmed Mohammed, Ersin Elbasi**

Мета цієї роботи полягає в тому, щоб запропонувати надійний метод водяних знаків, оскільки методи водяних знаків широко використовуються сьогодні для запобігання зміні зображення та дублюванню. Зі зростанням додатків інтернету речей на основі зображень у наш час потреба в розробці надійних методів цифрових водяних знаків є високою. У цій роботі пропонується надійна,

але добре помітна схема водяних знаків. Запропонована схема базується на перетворенні контуру (ПК) і розкладі сингулярного значення (РСЗ) як області вбудовування, в якій для вбудовування вибираються високочастотні компоненти. Частотну область вибрано для того, щоб схема нанесення водяних знаків була протистояти атакам на зображення, оскільки водяний знак розподілено по різних частотних діапазонах зображення обкладинки, а отже, можливість змінити всі вбудовані смуги неможлива, оскільки це призведе до руйнування зображення обкладинки. З іншого боку, перетворення Арнольда було використано для забезпечення безпечною зв'язку інтернету речей, коли перетворення Арнольда застосовується до бінарного водяного знака логотипу перед вставленням для більш безпечного дизайну. В цьому контексті основне зображення було розкладено на перший рівень контурного перетворення, і найвищі частотні піддіапазони вибираються для вбудовування після виконання РСЗ на тих діапазонах, де матриця РСЗ обрана як домен вбудовування. Крім того, ця робота має на меті протистояти атаці кадрування на зображеннях, де значення PSNR перевищують 52 дБ, а значення NC коливаються від 0,8 до 0,9 за різних типів атак кадрування. Крім того, запропонований метод демонструє свою здатність протистояти різним геометричним і шумовим атакам, таким як стиснення JPEG, вирівнювання гістограми, гауссовий шум і освітлення зображення. Порівняння з сучасними розробками демонструє ефективність запропонованої схеми.

Ключові слова: контурне перетворення, водяні знаки, перетворення Арнольда, геометричні атаки, обрізка, РСЗ.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272952

ОРГАНІЗАЦІЯ ОНЛАЙН-НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МЕТАСИСТЕМИ ВІДКРИТИХ СЕМАНТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ (с. 29–40)

Aliya Kintonova, Amanbek Sabitov, Igor Povkhan, Dinara Khaimulina, Galymzhan Gabdreshov

Дистанційне навчання сьогодні дозволяє створити систему масового безперервного самонавчання, універсального обміну інформацією незалежно від наявності часових та просторових зон. Для більш ефективного онлайн-навчання необхідне впровадження технологій штучного інтелекту та методів реалізації систем навчання.

У даній роботі об'єктами дослідження були:

- 1) можливості відкритих семантичних технологій OSTIS, можливості метасистеми IMS.OSTIS для організації онлайн-навчання;
- 2) метод машинного навчання – класифікація.

Результати дослідження:

- 1) організовано онлайн-курс з використанням метасистеми IMS.OSTIS відкритих семантичних технологій OSTIS;
- 2) для аналізу та візуалізації навчальних даних реалізований метод машинного навчання – класифікація.

Результати реалізації онлайн-курсу отримані за допомогою семантичних технологій проектування інтелектуальної системи навчання: метасистеми IMS.OSTIS, з використанням графічного семантичного коду SCg. Для ядра OSTIS потрібен комп'ютер із встановленою операційною системою Ubuntu, яка є дистрибутивом GNU/Linux на основі Debian GNU/Linux, операційною системою на основі ядра Linux.

У роботі також показаний приклад використання методу машинного навчання – класифікації. Цей метод дозволяє класифікувати дані. Інтелектуальна обробка та візуалізація даних проводилися за результатами тестування учнів з метою їхньої класифікації на літерні категорії А, В, С, D за набором ознак: балам та значенням середнього бала. Була використана високорівнева бібліотека Python Pandas, яка є бібліотекою для аналізу даних. Для візуалізації результатів обробки даних була використана бібліотека Matplotlib мовою Python.

Ключові слова: онлайн-навчання, онлайн-курс, метод візуалізації даних, метод машинного навчання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274483

ОЦІНКА ВИЯВЛЕННЯ ХВОРОБ РОСЛИН ШЛЯХОМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ (с. 41–48)

Akan Apyssov, Nurgul Uzakkyzy, Talgatbek Ayazbaev, Raushan Moldasheva, Gulmira Bekmagambetova, Mnyaura Yessekeyeva, Kenzhaliev Dossym, Assel Yerzhan, Ailanysh Tolstoy

Машини для виявлення хвороб рослин і шкідників спочатку використовувалися в сільському господарстві та певною мірою замінили традиційну візуальну ідентифікацію. Хвороби та шкідники рослин є важливими факторами, що визначають продуктивність і якість рослин. За допомогою цифрової обробки зображень можна ідентифікувати хвороби та шкідників рослин. Відповідно до різниці в структурі мережі, ця стаття представляє дослідження щодо виявлення хвороб рослин і шкідників на основі трьох аспектів мережі класифікації, мережі виявлення та мережі сегментації за останні роки, а також узагальнює переваги та недоліки кожного з методів. Представлено загальний набір даних і порівняно результати існуючих досліджень. У цьому дослідженні обговорюються можливі проблеми в практичному застосуванні виявлення хвороб рослин і шкідників на основі глибокого навчання.

Звичайні алгоритми обробки зображень або ручний описовий дизайн і класифікатори часто використовуються для традиційного комп'ютерного зору на основі виявлення хвороб рослин і шкідників. Цей метод зазвичай використовує різні характеристики хвороб рослин і шкідників для створення компонування зображення та вибирає корисне джерело світла та кут зйомки для створення рівномірно освітлених зображень.

Метою роботи є ідентифікація групи шкідників і хвороб домашніх і городніх рослин за допомогою мобільного додатку та відображення кінцевого результату на екрані мобільного пристрою. У цій роботі були використані дані з 38 різних класів, включаючи зображення хворих і здорових листків 13 рослин з plantVillage. В експерименті Inception v3 має тенденцію до постійного підвищення точності зі збільшенням кількості епох без ознак переобладнання та погіршення продуктивності. Keras із серверною частиною Theano використовується для навчання архітектури.

Ключові слова: обробка зображень, Inception v3, глибоке навчання, класифікація, хвороби рослин, кластеризація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273934**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ЛІНІЙНО-КВАДРАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ФІЗИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ СУДНА З АЗИМУТАЛЬНИМИ ПІДРУЛЮЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ (с. 49–71)****В. В. Бодашко, А. К. Сандлер, С. Г. Хнюнін**

Об'єктом дослідження є алгоритми керування масштабними моделями транспортних засобів морського базування (ТЗМБ). Предметом дослідження є лінійно-квадратичний метод керування моделлю пропульсивного комплексу з азимутальними підрулюючими пристроями (АПП) у кормовій частині. Проблема полягає у розв'язці між взаємозалежними кидками швидкостей повздожнього руху, дрейфу та нищпорення, що прогноуються лінійним контролером. Вхідними сигналами є швидкості обертання і кути упорів гвинтів АПП по відношенню до діаметральної площини ТЗМБ. Під час моделювання порівнюються ступінчасті відгуки замкнутої системи на перевантаження та швидкість повороту. Моделювання стрибків швидкості показало адекватну реакцію на відміну від частоти обертання АПП, яка виявила більший вплив на систему, ніж орієнтація АПП. При моделюванні швидкості нищпорення поведінка кута АПП не відповідала його обмеженням, властивим пристрою, що обертається з відповідною частотою. Робиться висновок, що це є результатом лінеаризації виконавчих механізмів, а запропоноване рішення полягає в тому, щоб реалізувати посилення завдання для кращого пристосування до обертової поведінки АПП. Незважаючи на ці проблеми, моделювання показало потенціал моделі та контролера для використання у подібних ситуаціях. Також пропонується кілька модифікацій для значного покращення моделі та симуляцій. Однією з основних змін, яку можна було б зробити, є реалізація прогноуючого посилення при лінеаризації системи управління АПП. Практична значущість отриманих результатів полягає в тому, що модель квадратичної оптимізації є ефективною та надійною технікою в процесі проектування ТЗМБ різноманітної конфігурації підрулюючих пристроїв для оптимального керування.

Ключові слова: моделювання, підрулюючий пристрій, лінійно-квадратичний регулятор, оптимізація, комбінований пропульсивний комплекс, подвійне призначення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272318**ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДА ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ УСТАНОВКИ (с. 72–78)****Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, В. О. Собина, О. О. Ковальов, А. Б. Фещенко**

Об'єктом дослідження є процес функціонування системи «людина-робот». Досліджується проблема узгодження параметрів людини-оператора і робота. Узгодження цих параметрів базується на методі визначення динамічних параметрів людини-оператора із використанням математичних моделей, які описують два види відносних похибок. До першого виду відносяться відносні похибки визначення динамічних параметрів оператора, які залежать від похибки визначення сигналів, що характеризують його реакцію на тест-вплив. До другого виду відносних похибок відноситься методична похибка, яка обумовлена апроксимацією частинних похідних.

Формування тест-впливу на оператора здійснюється за допомогою інтерактивної дошки. В основі метода лежить знаходження коренів лінійної системи алгебраїчних рівнянь, для побудови якої використана апроксимація частинних похідних від сигналів, що характеризують реакцію оператора на тест-вплив. Параметри цієї системи алгебраїчних рівнянь залежать від часових параметрів. Визначення часових параметрів здійснюється за допомогою допускових критеріїв та із використанням номограм. При обґрунтуванні основного параметра тест-впливу на оператора – швидкості переміщення фронту пожежі на екрані інтерактивної дошки використовуються властивості системи кутового управління очима оператора мобільної пожежної установки. Ці властивості формалізовані у вигляді математичної моделі динамічної похибки, яка має місце в процесі відстеження оператором зображення пожежі на екрані інтерактивної дошки. Для верифікації одержаних результатів вирішена тест-задача і показано, що похибка визначення динамічних параметрів оператора не перевищує 1,0 %.

Отримані результати можуть бути використані при розробці мобільних пожежних установок нового покоління, в основі побудови яких лежить використання сігвеїв.

Ключові слова: оператор пожежної установки, динамічні параметри, тест-вплив, сигнал реакції оператора.