

ABSTRACT AND REFERENCES

INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275655

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF AN OBJECT USING A TYPICAL FORM OF ITS IMAGE (p. 6–12)

Sergii KhlamovKharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>**Vadym Savanevych**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8840-8278>**Oleksandr Briukhovetskyi**National Space Facilities Control and Test Center,
Mukacheve, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4550-5606>**Vladimir Vlasenko**

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8639-4415>**Tetiana Trunova**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-2679>**Viktoriia Shvedun**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5170-4222>**Larysa Hren**National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4466-6018>**Iryna Tabakova**Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6629-4927>

Violating the observation conditions for the investigated objects leads to the formation of diverse typical forms of objects throughout the frame in the series. As a consequence, determining the exact position of the object on the frame becomes difficult. To this end, a method was devised to determine the position of an object using the typical form of its image on a series of frames.

This method is based on the formation of a typical form of a digital image of an object based on data from all frames of the series. This makes it possible to take into account the peculiarities of the very formation of the digital image of an object on each frame of the original series. Based on this, a more accurate assessment of the initial approximation of the parameters of all Gaussians of the object's image is performed. Adapting the method specifically for the typical form allows for a more accurate assessment of the positional parameters (coordinates) of the object in comparison with the analytically set profile. The estimation of the position of an object was obtained using the method of least squares. After that, minimization was performed using the Levenberg-Marquardt algorithm. Also, the use of the method makes it possible to improve identification with reference objects and reduce the number of false detections. The study showed a reduction in the standard deviation of frame identification errors by 7–10 times when using a typical digital image shape.

The method devised for determining the position of an object using the typical form of its image was tested in practice within the framework of the CoLiTec project. It was implemented in the intraframe processing unit of the Lemur software to automatically detect new objects and track known ones. Owing to the use of Lemur software and the proposed computational method implemented in it, more than 700,000 measurements of various objects under study were successfully processed and identified.

Keywords: image processing, standard image shape, Levenberg-Marquardt algorithm, parameter evaluation.

References

- Dearborn, D. P. S., Miller, P. L. (2014). Defending Against Asteroids and Comets. Handbook of Cosmic Hazards and Planetary Defense, 1–18. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02847-7_59-1
- Mykhailova, L., Savanevych, V., Sokovikova, N., Bezkrivnyy, M., Khlamov, S., Pogorelov, A. (2014). Method of maximum likelihood estimation of compact group objects location on CCD-frame. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (4 (71)), 16–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28028>
- Savanevych, V. E., Khlamov, S. V., Akhmetov, V. S., Briukhovetskyi, A. B., Vlasenko, V. P., Dikov, E. N. et al. (2022). CoLiTecVS software for the automated reduction of photometric observations in CCD-frames. Astronomy and Computing, 40, 100605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100605>
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Dmytrenko, A. (2018). Fast Coordinate Cross-Match Tool for Large Astronomical Catalogue. Advances in Intelligent Systems and Computing III, 3–16. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_1
- Vavilova, I., Pakuliak, L., Babyk, I., Elyiv, A., Dobrycheva, D., Melnyk, O. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, 57–102. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00015-1>
- Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the web 2.0 age. Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II. doi: <https://doi.org/10.1117/12.925321>
- Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., Bogatov, I. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (3 (104)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198527>
- Khlamov, S., Savanevych, V. (2020). Big Astronomical Datasets and Discovery of New Celestial Bodies in the Solar System in Automated Mode by the CoLiTec Software. Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, 331–345. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00030-8>
- Smith, G. E. (2010). Nobel Lecture: The invention and early history of the CCD. Reviews of Modern Physics, 82 (3), 2307–2312. doi: <https://doi.org/10.1103/revmodphys.82.2307>
- Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Oryshych, S. (2016). Development of computational method for detection of the object's near-zero apparent motion on the series of ccd-frames. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (9 (80)), 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65999>
- Kuz'min, S. Z. (2000). Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedenie v teoriyu. Kyiv: Izdatel'stvo KviTS, 428.

12. Savanevych, V., Khlamov, S., Vlasenko, V., Deineko, Z., Briukhovetskiy, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Formation of a typical form of an object image in a series of digital frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266988>
13. Klette, R. (2014). *Concise Computer Vision. An Introduction into Theory and Algorithms*. Springer, 429. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
14. Kirichenko, L., Zinchenko, P., Radivilova, T. (2020). Classification of Time Realizations Using Machine Learning Recognition of Recurrence Plots. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*, 687–696. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_44
15. Akhmetov, V., Khlamov, S., Khramtsov, V., Dmytrenko, A. (2019). Astrometric Reduction of the Wide-Field Images. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 896–909. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_58
16. Belov, L. A. (2021). *Radioelektronika. Formirovanie stabil'nykh chastot i signalov*. Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 268.
17. Akhmetov, V., Khlamov, S., Tabakova, I., Hernandez, W., Nieto Hipolito, J. I., Fedorov, P. (2019). New approach for pixelization of big astronomical data for machine vision purpose. 2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). doi: <https://doi.org/10.1109/isie.2019.8781270>
18. Minaee, S., Boykov, Y. Y., Porikli, F., Plaza, A. J., Kehtarnavaz, N., Terzopoulos, D. (2021). Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
19. Dadkhah, M., Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., Shamsirband, S., Jazi, M. D. (2019). Methodology of wavelet analysis in research of dynamics of phishing attacks. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 12 (3/4), 220. doi: <https://doi.org/10.1504/ijaip.2019.098561>
20. Kirichenko, L., Saif, A., Radivilova, T. (2020). Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (5). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110527>
21. Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Trunova, T., Chelombitko, V., Tabakova, I. (2022). Development of computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (119)), 24–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265309>
22. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Briukhovetskiy, O., Trunova, T., Levykin, I. et al. (2023). Development of the matched filtration of a blurred digital image using its typical form. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (121)), 62–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273674>
23. Burger, W., Burge, M. J. (2009). *Principles of Digital Image Processing*. Springer, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
24. Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 516.
25. Lemur software. CoLiTec project. Available at: <https://www.colitec.space>
26. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Pohorelov, A., Vlasenko, V., Dikov, E. (2018). CoLiTec Software for the Astronomical Data Sets Processing. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478504>
27. Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazyey, N., Isaeva, E., Golovnia, V. (2018). The Simeiz plate collection of the ODESSA astronomical observatory. 11th Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, 207–216. Available at: https://astro.bas.bg/XIBSAC/Proceedings/Proceedings_11BSAC.pdf
28. Parimucha, S., Savanevych, V. E., Briukhovetskiy, O. B., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V., Vlasenko, V. P. et al. (2019). CoLiTecVS - A new tool for an automated reduction of photometric observations. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 49 (2), 151–153.
29. Sergienko, A. B. (2011). *Tsifrovaya obrabotka signalov*. Sankt-Peterburg, 768.
30. Kobzar', A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: FIZMATLI, 816.
31. Duc-Hung, L., Cong-Kha, P., Trang, N. T. T., Tu, B. T. (2012). Parameter extraction and optimization using Levenberg-Marquardt algorithm. 2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE). doi: <https://doi.org/10.1109/cce.2012.6315945>
32. Shvedun, V. O., Khlamov, S. V. (2016). Statistical modelling for determination of perspective number of advertising legislation violations. *Actual Problems of Economics*, 184 (10), 389–396.
33. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, 3171, 1043–1055. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3171/paper75.pdf>
34. Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4), 312–323.
35. Buslov, P., Shvedun, V., Streltsov, V. (2018). Modern Tendencies of Data Protection in the Corporate Systems of Information Consolidation. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632089>
36. Petrychenko, A., Levykin, I., Iuriev, I. (2021). Improving a method for selecting information technology services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 32–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229983>
37. Baranova, V., Zeleniy, O., Deineko, Z., Bielcheva, G., Lyashenko, V. (2019). Wavelet Coherence as a Tool for Studying of Economic Dynamics in Infocommunication Systems. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061301>
38. Dombrovska, S., Shvedun, V., Streltsov, V., Husarov, K. (2018). The prospects of integration of the advertising market of Ukraine into the global advertising business. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (2), 321–330. doi: [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(2\).2018.29](https://doi.org/10.21511/ppm.16(2).2018.29)

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275984

APPLYING MACHINE LEARNING TO IMPROVE A TEXTURE TYPE IMAGE (p. 13–18)

Jamalbek Tussupov

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>

Kairat Kozhabai

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3341-5096>

Aigulim Bayegizova

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7236-6640>

Leila Kassenova

Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1096-2468>

Zhanat Manbetova

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6716-4646>

Natalya Glazyrina

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0259-774X>

Mukhamedi Bersugir

Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-2069>

Miras Yeginbayev

Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4460-9304>

The paper is devoted to machine learning methods that focus on texture-type image enhancements, namely the improvement of objects in images. The aim of the study is to develop algorithms for improving images and to determine the accuracy of the considered models for improving a given type of images. Although currently used digital imaging systems usually provide high-quality images, external factors or even system limitations can cause images in many areas of science to be of low quality and resolution. Therefore, threshold values for image processing in a certain field of science are considered.

The first step in image processing is image enhancement. The issues of signal image processing remain in the focus of attention of various specialists. Currently, along with the development of information technology, the automatic improvement of images used in any field of science is one of the urgent problems. Images were analyzed as objects: state license plates of cars, faces, sections of the field on satellite images.

In this work, we propose to use the models of Super-Resolution Generative Adversarial Network (SRGAN), Extended Super-Resolution Generative Adversarial Networks (ERSGAN). For this, an experiment was conducted, the purpose of which was to retrain the trained ESRGAN model with three different architectures of the convolutional neural network, i.e. VGG19, MobileNet2V, ResNet152V2 to add perceptual loss (by pixels), also add more sharpness to the prediction of the test image, and compare the performance of each retrained model. As a result of the study, the use of convolutional neural networks to improve the image showed high accuracy, that is, on average ESRGAN+MobileNETV2 – 91 %, ESRGAN+VGG19 – 86 %, ESRGAN+ResNet152V2 – 96 %.

Keywords: image processing, SRGAN, ERSKAN, VGG19, MobileNet2V, ResNet152V2, machine learning, Super-Resolution.

References

- 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>
- Yessenova, M., Abdikerimova, G., Baitemirova, N., Mukhamedrakhimova, G., Mukhamedrakhimov, K., Sattybaeva, Z. et al. (2022). The applicability of informative textural features for the detection of factors negatively influencing the growth of wheat on aerial images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (118)), 51–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263433>
- Yessenova, M., Abdikerimova, G., Ayazbaev, T., Murzabekova, G., Ismailova, A., Beldeubayeva, Z. et al. (2023). The effectiveness of methods and algorithms for detecting and isolating factors that negatively affect the growth of crops. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 13 (2), 1669. doi: <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp1669-1679>
- Yerzhanova, A., Kassymova, A., Abdikerimova, G., Abdimomynova, M., Tashenova, Z., Nurlybaeva, E. (2021). Analysis of the spectral properties of wheat growth in different vegetation periods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (114)), 96–102. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.249278>
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V., Murayama, Y., Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing*, 12 (14), 2291. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Wang, X., Yu, K., Wu, S., Gu, J., Liu, Y., Dong, C. et al. (2019). ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks. *Computer Vision – ECCV 2018 Workshops*, 63–79. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11021-5_5
- Wang, X., Xie, L., Dong, C., Shan, Y. (2021). Real-ESRGAN: Training Real-World Blind Super-Resolution with Pure Synthetic Data. *2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccvw54120.2021.00217>
- Clabaut, É., Lemelin, M., Germain, M., Bouroubi, Y., St-Pierre, T. (2021). Model Specialization for the Use of ESRGAN on Satellite and Airborne Imagery. *Remote Sensing*, 13 (20), 4044. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13204044>
- Zouch, W., Sagga, D., Echtioui, A., Khemakhem, R., Ghorbel, M., Mhiri, C., Hamida, A. B. (2022). Detection of COVID-19 from CT and Chest X-ray Images Using Deep Learning Models. *Annals of Biomedical Engineering*, 50 (7), 825–835. doi: <https://doi.org/10.1007/s10439-022-02958-5>
- Yamashita, K., Markov, K. (2020). Medical Image Enhancement Using Super Resolution Methods. *Computational Science – ICCS 2020*, 496–508. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7_37
- Dou, X., Li, C., Shi, Q., Liu, M. (2020). Super-Resolution for Hyperspectral Remote Sensing Images Based on the 3D Attention-SRGAN Network. *Remote Sensing*, 12 (7), 1204. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12071204>
- Zhou, S., Yu, L., Jin, M. (2022). Texture transformer super-resolution for low-dose computed tomography. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 8 (6), 065024. doi: <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ac9da7>
- Kang, X., Liu, L., Ma, H. (2021). ESR-GAN: Environmental Signal Reconstruction Learning With Generative Adversarial Network. *IEEE Internet of Things Journal*, 8 (1), 636–646. doi: <https://doi.org/10.1109/jiot.2020.3018621>
- Jaworek-Korjakowska, J., Kleczek, P., Gorgon, M. (2019). Melanoma Thickness Prediction Based on Convolutional Neural Network With VGG-19 Model Transfer Learning. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. doi: <https://doi.org/10.1109/cvprw.2019.00333>
- Pan, H., Pang, Z., Wang, Y., Wang, Y., Chen, L. (2020). A New Image Recognition and Classification Method Combining Transfer Learning Algorithm and MobileNet Model for Welding Defects. *IEEE Access*, 8, 119951–119960. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3005450>
- Alrashedy, H. H. N., Almansour, A. F., Ibrahim, D. M., Hammoudeh, M. A. A. (2022). BrainGAN: Brain MRI Image Generation and Classification Framework Using GAN Architectures and CNN Models. *Sensors*, 22 (11), 4297. doi: <https://doi.org/10.3390/s22114297>
- Zhang, W., Liu, Y., Dong, C., Qiao, Y. (2019). RankSRGAN: Generative Adversarial Networks With Ranker for Image Super-Resolution. *2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccv.2019.00319>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276650
DETERMINING THE INVARIANT OF INTER-FRAME
PROCESSING FOR CONSTRUCTING THE IMAGE
SIMILARITY METRIC (p. 19–25)

Elena Gorda

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7380-0533>

Anatolii Serdiuk

Warsaw University of Technology, Warszawa, Poland

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0787-3889>

Ivan Nazarenko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1888-3687>

The relevance of modeling digital images is determined by the need to implement approaches in the study of localization and identification of objects in order to reduce the amount of data. In this paper, the study object is the topology of a discrete two-dimensional image within the framework of the problem of determining the invariants of diffeomorphic transformations. Geographic information objects (GIOs) refer to objects that are on a given surface or objects that locally change the surface. With regard to objects, it is assumed that the change in their geolocation in the process of forming both single images and an extended series of frames obtained in the process of continuous monitoring is insignificant. In the process of scanning the surface, possible changes in the position of the image source are taken into account, for example, such as yawing, rolling, and pitch in the case of unmanned aerial vehicles (UAVs). These maneuvers are represented as a group of diffeomorphisms that are controlled by the internal gyroscopes of the carrier and the external navigation system. Based on the studies reported here, the initial ontology of digital images (ODI) has been determined by using the model of color spaces and functions of a special kind. The presence of an ontology makes it possible to build an adequate topology of color distribution in the image and take into account the specificity of the distribution of different colors in a digital image. The study results indicate that a promising method is to determine the similarity by constructing a color atlas structure graph (CASG) based on ODI and by determining invariants as a fragment of CASG inherited by all images in the sequence. The scope and conditions for the practical use of the result include its application to the analysis of images by methods of artificial intelligence.

Keywords: digital image, color atlas, geographic information object, ontology, measure, similarity, hash function, diffeomorphism, persistent homology.

References

- Zhang, J., Li, W., Ogunbona, P., Xu, D. (2019). Recent Advances in Transfer Learning for Cross-dataset Visual Recognition: A Problem-oriented Perspective. *ACM Computing Surveys*, 52 (1), 1–38. doi: <https://doi.org/10.1145/3291124>
- Yuan, X., Shi, J., Gu, L. (2021). A review of deep learning methods for semantic segmentation of remote sensing imagery. *Expert Systems with Applications*, 169, 114417. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114417>
- Yasin, H. M., Ameen, S. Y. (2021). Review and Evaluation of End-to-End Video Compression with Deep-Learning. 2021 International Conference of Modern Trends in Information and Communication Technology Industry (MTICTI). doi: <https://doi.org/10.1109/MTICTI53925.2021.9664790>
- Fan, L., Zhang, T., Du, W. (2021). Optical-flow-based framework to boost video object detection performance with object enhancement. *Expert Systems with Applications*, 170, 114544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114544>
- Xue, T., Chen, B., Wu, J., Wei, D., Freeman, W. T. (2019). Video Enhancement with Task-Oriented Flow. *International Journal of Computer Vision*, 127 (8), 1106–1125. doi: <https://doi.org/10.1007/s11263-018-01144-2>
- Que, Z., Lu, G., Xu, D. (2021). VoxelContext-Net: An Octree based Framework for Point Cloud Compression. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr46437.2021.00598>
- Duan, L., Liu, J., Yang, W., Huang, T., Gao, W. (2020). Video Coding for Machines: A Paradigm of Collaborative Compression and Intelligent Analytics. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29, 8680–8695. doi: <https://doi.org/10.1109/tip.2020.3016485>
- Lu, G., Cai, C., Zhang, X., Chen, L., Ouyang, W., Xu, D., Gao, Z. (2020). Content Adaptive and Error Propagation Aware Deep Video Compression. *Lecture Notes in Computer Science*, 456–472. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58536-5_27
- Ballé, J., Laparra, V., Simoncelli, E. P. (2017). End-to-end Optimized Image Compression. in *Proc. Int. Conf. Learning Representations (ICLR)*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1611.01704>
- Liu, D., Li, Y., Lin, J., Li, H., Wu, F. (2020). Deep Learning-Based Video Coding. *ACM Computing Surveys*, 53 (1), 1–35. doi: <https://doi.org/10.1145/3368405>
- Subramanian, N., Elharrouss, O., Al-Maadeed, S., Bouridane, A. (2021). Image Steganography: A Review of the Recent Advances. *IEEE Access*, 9, 23409–23423. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3053998>
- Hu, Y., Yang, W., Ma, Z., Liu, J. (2021). Learning End-to-End Lossy Image Compression: A Benchmark. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3065339>
- Hu, Z., Lu, G., Xu, D. (2021). FVC: A New Framework towards Deep Video Compression in Feature Space. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr46437.2021.00155>
- Horda, O. V. (2016). Construction of the color atlas for digital image of defects such as a “crack.” *ScienceRise*, 10 (2 (27)), 55–60. doi: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.80791>
- Horda, E. V., Mykhailenko, V. M. (2016). Struktura tsvetovoho atlasa tsvetovoho yzobrazheniya defekta typu “treshchyna “. *Scientific discussion*, 3, 58–60.
- Nazarenko, I., Dedov, O., Beryk, I., Rogovskii, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A. et al. (2020). Determining the regions of stability in the motion regimes and parameters of vibratory machines for different technological purposes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7(108)), 71–79. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>
- Gorda, E., Mihaylenko, V. (2017). Ontology of digital image of defects of type “crack” of objects of construction. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 30, 142–145. Available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-30/21.pdf>
- Serdyuk, A. A., Belyavskiy, L. S. (2018). Analiz veroyatnostno-geometricheskogo metoda opredeleniya mestopolozheniya dvizhushchikh-sya obektov. *Sovremennaya spetsial'naya tekhnika*, 1 (52), 6–13.
- Wolfson, H. J., Rigoutsos, I. (1997). Geometric hashing: an overview. *IEEE Computational Science and Engineering*, 4 (4), 10–21. doi: <https://doi.org/10.1109/99.641604>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276585
DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE GRAPHIC WEB
INTERFACE MODEL FOR EDITING XML DATA (p. 26–35)

Aigul Mukhitova

Institute of Information and Computational Technologies,
Almaty, Republic of Kazakhstan

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4081-7694>

Aigerim Yerimbetova
Institute of Information and Computational Technologies , Almaty,
Republic of Kazakhstan
Institute of Automation and Information Technologies Satbayev
University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>

Lyailya Cherikbayeva
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-4205>

The ability of the end user to work with a large amount of data from a large number of heterogeneous sources and at the same time get an effective result from the work is carried out through the use of graphical web interfaces built on the basis of XML technologies that allow displaying any structure of a file presented in XML format. As a data exchange method between applications on the Web, XML still lacks capabilities for identification of web resources and a system that uses them, and capabilities to express the knowledge provided by XML documents. In this study, a web interface has been developed (a web-based server application), as an XML records editor that provides display forms for the creation and editing of XML documents and is able to adapt to the internal resources of the system used. The technology is based on the XSD data set schema transformation by the way of XSLT transformations. Screen forms are generated on the server side and are provided to the user with all the necessary tools for correct input and/or editing of heterogeneous data. A distinguishing characteristic of this technology is the ability to display both properly and improperly formed XML data. The developed graphical interface allows any application to automatically exchange and read information from other applications without human intervention, which significantly improves performance and ease of use. This software solution could be used both as an independent data building and editing module presented in the XML format, and as a built-in module plugged into various server software for heterogeneous information management systems.

Keywords: web interfaces, XML document management/navigation, XML/XSLT transformation, non-well-formed data.

References

1. Brahmia, Z., Hamrouni, H., Bouaziz, R. (2020). XML data manipulation in conventional and temporal XML databases: A survey. *Computer Science Review*, 36, 100231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100231>
2. Bajaj, A., Bick, W. (2020). The rise of NoSQL systems: Research and pedagogy. *Journal of Database Management*, 31 (3), 67–82. doi: <https://doi.org/10.4018/JDM.2020070104>
3. Jounaidi, A., Bahaj, M. (2018). Converting of an xml schema to an owl ontology using a canonical data model. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96 (5), 1422–1435. Available at: <http://www.jatit.org/volumes/Vol96No5/24Vol96No5.pdf>
4. Nikiforov, D. A., Korj, D. V., Sivakov, R. L. (2017). An Approach to the Validation of XML Documents Based on the Model Driven Architecture and the Object Constraint Language. *A.P. Ershov Informatics Conference*. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16542.23364>
5. Tekli, G. (2021). A survey on semi-structured web data manipulations by non-expert users. *Computer Science Review*, 40, 100367. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100367>
6. Bao, L., Yang, J., Wu, C. Q., Qi, H., Zhang, X. Cai, S. (2022). XML2HBase: Storing and querying large collections of XML documents using a NoSQL database system. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 161, 83–99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2021.11.003>
7. Brahmia, Z., Grandi, F., Oliboni, B., Bouaziz, R. (2018). Supporting Structural Evolution of Data in Web-Based Systems via Schema Versioning in the tXSchema Framework. In *Handbook of Research on Contemporary Perspectives on Web-Based Systems*, 271–307. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5384-7.ch013>
8. Brahmia, Z., Hamrouni, H., Bouaziz, R. (2022). TempoX: A disciplined approach for data management in multi-temporal and multi-schema-version XML databases. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34 (1), 1472–1488. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.08.009>
9. Engelfriet, J., Hoogboom, H. J., Samwel, B. (2020). XML navigation and transformation by tree-walking automata and transducers with visible and invisible pebbles. *Theoretical Computer Science*, 850, 40–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2020.10.030>
10. Akazawa, G., Matsubara, N., Suzuki, N. (2022). An Algorithm for Transforming Property Path Query Based on Shape Expression Schema Update. *SN Computer Science*, 3, 196. doi: <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01086-0>
11. Mahmood, A. T., Kamil Naser, R., Khalil Abd, S. (2022). Privacy protection based distributed clustering with deep learning algorithm for distributed data mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (118)), 48–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263692>
12. Fan, C., Li, Z. (2019). Research on Addressing Method in XML File Based on XPointer. *Advances in Graphic Communication, Printing and Packaging*, 384–389. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3663-8_52

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275657

LQR CONTROLLER DESIGN FOR STABILIZATION OF NON-LINEAR DIP SYSTEM BASED ON ABC ALGORITHM (p. 36–44)

Mohammad A. Thanoon
Ninevah University, Mosul, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7906-4423>

Sohaib R. Awad
Ninevah University, Cornish, Mosul, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8714-9574>

Ismael Kh. Abdullah
Ninevah University, Cornish, Mosul, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7488-2339>

Inverted pendulum systems, such as double or single, rotational or translational inverted pendulums are non-linear and unstable, which have been the most dominant approaches for control systems. The double inverted pendulum is one kind of a non-linear, unstable system, multivariable, and strong coupling with a wide range of control methods. To model these types of systems, many techniques have been proposed so that motivating researchers to come up with new innovative solutions. The Linear Quadratic Regulator (LQR) controller has been a common controller used in this field. Meanwhile, the Artificial Bee Colony (ABC) technique has become an alternative solution for employing Bee Swarm Intelligence algorithms. The research solutions of the artificial bee colony algorithm in the literature can be beneficial, however, the utilization of discovered sources of food is ineffective. Thus, in this paper, we aim to provide a double inverted pendulum system for stabilization by selecting linear quadratic regulator parameters using a bio-inspired optimization methodology of artificial bee colony and weight matrices Q and R. The results show that when the artificial bee colony algorithm is applied to a linear quadratic regulator controller, it gains the ca-

capacity to autonomously tune itself in an online process. To further demonstrate the efficiency and viability of the suggested methodology, simulations have been performed and compared to conventional linear quadratic regulator controllers. The obtained results demonstrate that employing artificial intelligence (AI) together with the proposed controller outperforms the conventional linear quadratic regulator controllers by more than 50 % in transient response and improved time response and stability performance.

Keywords: double inverted pendulum (DIP), non-linear systems, unstable systems, linear quadratic regulator (LQR) controller, artificial bee colony (ABC).

References

- Lukowska, A., Tomaszuk, P., Dzierzek, K., Kamiński, K., Rólkowski, P., Ostaszewski, M. (2019). Optimal design of the double inverted pendulum. *Engineering Mechanics*. doi: <https://doi.org/10.21495/71-0-235>
- Susanto, E., Surya Wibowo, A., Ghiffary Rachman, E. (2020). Fuzzy Swing Up Control and Optimal State Feedback Stabilization for Self-Erecting Inverted Pendulum. *IEEE Access*, 8, 6496–6504. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2963399>
- Lukowska, A., Tomaszuk, P., Cieczkowski, M., Dzierzek, K., Recko, M. (2018). Acceleration control approach of double inverted pendulum system. 2018 19th International Carpathian Control Conference (ICCC). doi: <https://doi.org/10.1109/carpathiancc.2018.8399614>
- Tiunov, I. V., Vasilyev, N. O. (2021). The Modification of the ABC Synthesis Algorithm for FPGAs Considering Architecture Features. 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). doi: <https://doi.org/10.1109/elconrus51938.2021.9396324>
- Le Dinh, L., Vo Ngoc, D., Vasant, P. (2013). Artificial Bee Colony Algorithm for Solving Optimal Power Flow Problem. *The Scientific World Journal*, 2013, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/159040>
- Xu, Y., Fan, P., Yuan, L. (2013). A Simple and Efficient Artificial Bee Colony Algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/526315>
- Banerjee, R., Dey, N., Mondal, U., Hazra, B. (2018). Stabilization of Double Link Inverted Pendulum Using LQR. 2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT). doi: <https://doi.org/10.1109/icctct.2018.8550915>
- Sowjanya, R., Ramesh, G. (2015). Design of optimal controller for double inverted pendulum. *International Journal of Emerging Engineering Science and Technology*, 1 (5), 261.
- Sanjeewa, S. D. A., Parnichkun, M. (2021). Control of rotary double inverted pendulum system using LQR sliding surface based sliding mode controller. *Journal of Control and Decision*, 9 (1), 89–101. doi: <https://doi.org/10.1080/23307706.2021.1914758>
- Zheng, Y., Zhong, P., Yue, Q. (2016). Double Inverted Pendulum Based on LQG Optimal Control. *Proceedings of the 2016 International Conference on Automatic Control and Information Engineering*. doi: <https://doi.org/10.2991/icacie-16.2016.20>
- Sanjeewa, S. D., Parnichkun, M. (2019). Control of rotary double inverted pendulum system using mixed sensitivity H_{∞} controller. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16 (2), 172988141983327. doi: <https://doi.org/10.1177/1729881419833273>
- Singh, N., Bhargal, K. (2017). Robust Control of Double Inverted Pendulum System. *Journal of Automation and Control Engineering*, 5 (1), 14–20. doi: <https://doi.org/10.18178/joace.5.1.14-20>
- Jibril, M. (2020). Robust Control Theory Based Performance Investigation of an Inverted Pendulum System using Simulink. *Control Theory and Informatics*. doi: <https://doi.org/10.7176/cti/9-04>
- Al-Janan, D. H., Chang, H.-C., Chen, Y.-P., Liu, T.-K. (2017). Optimizing the double inverted pendulum's performance via the uniform neuro multiobjective genetic algorithm. *International Journal of Automation and Computing*, 14 (6), 686–695. doi: <https://doi.org/10.1007/s11633-017-1069-8>
- Wang, Z.-M., Sun, J.-J., Yue, H. (2005). Research on an inverted pendulum optimal control system based on LQR. *Industrial Instrumentation and automation*, 3, 6–8.
- Xiong, X., Wan, Z. (2010). The simulation of double inverted pendulum control based on particle swarm optimization LQR algorithm. 2010 IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences. doi: <https://doi.org/10.1109/icsess.2010.5552427>
- Molnar, C. A., Balogh, T., Boussaada, I., Insperger, T. (2020). Calculation of the critical delay for the double inverted pendulum. *Journal of Vibration and Control*, 27 (3-4), 356–364. doi: <https://doi.org/10.1177/1077546320926909>
- Shi, H., Xu, Z., Sun, T., Wu, C. (2019). Double Inverted Pendulum System Control Based on Internal Model Principle. 2019 34th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC). doi: <https://doi.org/10.1109/yac.2019.8787696>
- Barya, K., Tiwari, S., Jha, R. (2010). Comparison of LQR and robust controllers for stabilizing inverted pendulum system. 2010 International Conference on Communication Control and Computing Technologies. doi: <https://doi.org/10.1109/iccct.2010.5670570>
- Habib, M. K., Ayankoso, S. A. (2020). Modeling and Control of a Double Inverted Pendulum using LQR with Parameter Optimization through GA and PSO. 2020 21st International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM). doi: <https://doi.org/10.1109/rem49740.2020.9313893>
- Karaboga, D., Basturk, B. (2007). Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems. *Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing*, 789–798. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72950-1_77
- Bozogullarindan, E., Bozogullarindan, C., Ozturk, C. (2020). Transfer Learning in Artificial Bee Colony Programming. 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU). doi: <https://doi.org/10.1109/asyu50717.2020.9259801>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276587
DEVELOPMENT OF THE METHOD OF
CONSTRUCTING THE EXPANDER TURBINE
ROTATION SPEED REGULATOR (p. 44–52)

Heorhii Kulichenko

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8501-5636>

Viacheslav Zhurba

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4475-9898>

Andrii Panych

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2511-5763>

Petro Leontiev

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9494-9078>

The study is devoted to the expander turbine rotation speed regulator, considering the possibility of implementing this regulator on microprocessor automation tools. The use of expander-generator units in general improves energy saving indicators, and the ability to maintain the turbine shaft rotation speed within the specified limits, in turn, directly affects the indicators of the quality of the generated electricity. The expander turbine, as a control object, is described by non-linear equations, which determines the possibility of using regulators of different designs, and requires the selection

of the most suitable one according to certain criteria. As part of the study, based on the tasks of practical implementation of the regulator on microprocessor devices, the expediency of reducing the transfer function of the model in the process of identifying the control object was confirmed. As a result of research on an experimental setup, it is shown that the use of a three-position relay regulator allows for regulation dynamics at the level of a classic PID regulator. An important result of the research is the stabilization of the turbine rotation speed, which affects the parameters of the electricity generated by the generator. The description of the control object was linearized by constructing a family of transfer functions for the operating points of the control range. For the construction of the turbine rotation speed regulator, the criterion of “minimum fluctuation of the parameter when changing its set value” is proposed. A regulator for a non-linear object with oscillatory features is built, which has a simple implementation and a cycle time of 1 ms. It makes it possible to reduce rotation speed fluctuations to 5 % and minimize the impact of rotation process disturbances.

Keywords: nonlinear plant, adaptive control, relay regulator, plant model, reduced model.

References

- Kulinchenko, H., Panych, A. Leontiev, P., Zhurba, V. (2022). Simulation of the expander of the excess gas pressure utilization plant. *ScienceRise*, 3, 3–13. doi: <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2022.002545>
- Severin, V. P., Godlevskaya, K. B. (2012). Mnogokriterial'nyy parametricheskiiy sintez nelineynykh sistem avtomaticheskogo upravleniya parovoy turbiny AES. *Visnik NTU «KhPI»*, 29, 117–126. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/10050>
- Jalali, M., Bhattacharya, K. (2013). Frequency regulation and AGC in isolated systems with DFIG-based wind turbines. 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting. doi: <https://doi.org/10.1109/PESMG.2013.6672801>
- Abo-Elyours, F. K. (2016). Load frequency controller design for two area interconnected power system with DFIG based wind turbine via ant colony algorithm. 2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON). doi: <https://doi.org/10.1109/MEPCON.2016.7836899>
- Pappachen, A., Fathima, A. P. (2015). Genetic algorithm based PID controller for a two-area deregulated power system along with DFIG unit. *Proceedings of the IEEE Sponsored 2nd International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication systems (ICIECS)*, Coimbatore, India, 19–20. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/281927457>
- Kumar, A., Sathans (2015). Impact study of DFIG based wind power penetration on LFC of a multi area power system. 2015 Annual IEEE India Conference (INDICON). doi: <https://doi.org/10.1109/indicon.2015.7443629>
- Oshnoi, A., Khezri, R., Muyeen, S. M., Blaabjerg, F. (2018). On the Contribution of Wind Farms in Automatic Generation Control: Review and New Control Approach. *Applied Sciences*, 8 (10), 1848. doi: <https://doi.org/10.3390/app8101848>
- Marushchak, Y., Mazur, D., Kwiatkowski, B., Kopchak, B., Kwarter, T., Koryl, M. (2022). Approximation of Fractional Order PI λ D μ -Controller Transfer Function Using Chain Fractions. *Energies*, 15 (3), 4902. doi: <https://doi.org/10.3390/en15134902>
- Zimchuk, I. V. (2018). Synthesis the digital regulators of lowered order for the reserved systems management by continuous objects. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 4, 187–192. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2017-4-21>
- Bjork, J., Pombo, D., Johansson, K. H. (2022). Variable-Speed Wind Turbine Control Designed for Coordinated Fast Frequency Reserves. *IEEE Transactions on Power Systems*, 1471–1481. doi: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2021.3104905>
- Singh, K. K., Agnihotri, G. (2001). *System Design through Matlab®, Control Toolbox and Simulink®*. Springer London, 488. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0697-5>
- Amaguaña, J. F., Sánchez, M. J., Pruna, E. P., Escobar, I. P. (2023). Implementation of PID and MPC Controllers for a Quadruple Tank Process in a 3D Virtual System, Using the Hardware in the Loop Technique. *Applied Technologies. ICAT 2022. Communications in Computer and Information Science*. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24971-6_28
- Kiku, A. G., Reva, E. Ju. (2008). Sintez ukorochennykh modelyey dinamicheskikh ob'ektov. *Adaptivni systemy avtomaticheskogo upravlinnya*, 2 (13), 77–82. doi: <https://doi.org/10.20535/1560-8956.13.2008.34081>
- Pavliukov, M. S., Liashenko, I. M., Pryimak, B. I. (2018). Zmenschennia poriadku modeli elektropryvodu lanky zvariivalnoho manipuliatora. Suchasni problemy elektro enerhotekhniki ta avtomatyky, 540–543. Available at: <http://jour.fea.kpi.ua/article/view/165075>
- Freitas, F. D., Rommes, J., Martins, N. (2008). Gramian-Based Reduction Method Applied to Large Sparse Power System Descriptor Models. *IEEE Transactions on Power Systems*, 23 (3), 1258–1270. doi: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2008.926693>
- Rugh, W. J., Shamma, J. S. (2000). Research on gain scheduling. *Automatica*, 36 (10), 1401–1425. doi: [https://doi.org/10.1016/S0005-1098\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0005-1098(00)00058-3)
- Sheremet, O. I., Tkachenko, O. O. (2017). Teoretychni aspekty syn-tezu reileykh rehuliatoriv dlia elektropryvodiv postynnoho strumu. *Visnyk Donbaskoi derzhavnoi mashynobudivnoi akademiyi*, 3 (24E), 97–102. Available at: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%96\(24%D0%95\)_2017/article/15.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%96(24%D0%95)_2017/article/15.pdf)
- Moskalenko, V., Moskalenko, A. (2022). Neural network based image classifier resilient to destructive perturbation influences – architecture and training method. *Radioelectronic and Computer Systems*, 3, 95–109. doi: <https://doi.org/10.32620/reks.2022.3.07>
- Cabrera-Rufino, M.-A., Ramos-Arreguín, J.-M., Rodríguez-Reséndiz, J., Gorrostieta-Hurtado, E., Aceves-Fernandez, M.-A. (2022). Implementation of ANN-Based Auto-Adjustable for a Pneumatic Servo System Embedded on FPGA. *Micromachines*, 13, 890. doi: <https://doi.org/10.3390/mi13060890>
- Warrier, P., Shah, P. (2021). Fractional Order Control of Power Electronic Converters in Industrial Drives and Renewable Energy Systems: A Review. *IEEE Access*, 9, 58982–59009. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3073033>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276586

IMPROVING EMPIRICAL MODELS OF COMPLEX TECHNOLOGICAL OBJECTS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY (p. 53–63)

Mykhail Gorbiychuk

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8586-1883>

Dmytro Kropyvnytskyi

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1896-9322>

Vitalia Kropyvnytska

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5231-7104>

This paper proposes a method for improving empirical models of complex technological objects with insufficient information about the input and output values of an object's parameters. It has been established that most methods for constructing empirical models require knowledge of the statistical characteristics of the input and output values of an object. When modeling complex non-reproducible stochastic processes that evolve over time, information about the parameters and structure of an object is usually not available. A method has been proposed where input and output values are treated as fuzzy quantities with a triangular membership function. Since at some points in the region, the triangular membership function is undifferentiated, it is inconvenient to use it in its typical form to solve the problem of optimal control. Therefore, it is proposed to approximate it with the Gaussian membership function. It is shown that such an approximation is reduced to finding one parameter, which is determined by the least squares method. Its value practically does not depend on the magnitude of the uncertainty interval while the value characterizing the accuracy of approximation is a monotonously increasing function that has a linear character. This makes it possible to define the main operations on fuzzy numbers and derive an empirical model for the case of a polynomial "base" model. The resulting model is linear in its parameters, so a genetic algorithm can be used to find them. It is shown that genetic algorithms can be used in the construction of empirical polynomial models when input parameters are interpreted as fuzzy numbers.

Thus, it can be argued that when constructing an empirical model of an object that is affected by external disturbances that cannot be measured, it is advisable to approximate all input quantities with a triangular Gaussian membership function.

Keywords: empirical model, membership function, function approximation, fuzzy numbers, genetic algorithm.

References

- Synielhazov, V. M., Silvestrov, A. M. (2015). *Teoriya identyfikatsiyi*. Kyiv: NAU, 471.
- Bidiuk, P. I., Kalinina, I. O., Hozhyi, O. P. (2021). *Baiesivskyi analiz danykh*. Kherson: Knyzhkove vydavnytstvo FOP Vyshemyrskyi V. S., 208.
- Čížek, P., Sadıkoğlu, S. (2020). Robust nonparametric regression: A review. *WIREs Computational Statistics*, 12 (3), e1492. doi: <https://doi.org/10.1002/wics.1492>
- Hable, R., Christmann, A. (2011). On qualitative robustness of support vector machines. *Journal of Multivariate Analysis*, 102 (6), 993–1007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2011.01.009>
- Draper, N., Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. Wiley, 2016. 736.
- Chen, F., Chen, Y., Zhou, J., Liu, Y. (2016). Optimizing h value for fuzzy linear regression with asymmetric triangular fuzzy coefficients. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 47, 16–24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.02.011>
- Raskin, L., Sira, O., Ivanchykhin, Y. (2017). Models and methods of regression analysis under conditions of fuzzy initial data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (88)), 12–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107536>
- Muzzioli, S., Ruggieri, A., De Baets, B. (2015). A comparison of fuzzy regression methods for the estimation of the implied volatility smile function. *Fuzzy Sets and Systems*, 266, 131–143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2014.11.015>
- Seraya, O. V., Demin, D. A. (2012). Linear Regression Analysis of a Small Sample of Fuzzy Input Data. *Journal of Automation and Information Sciences*, 44 (7), 34–48. doi: <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v44.i7.40>
- Domin, D. (2013). Application of artificial orthogonalization in search for optimal control of technological processes under uncertainty. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (65)), 45–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.18452>
- Ivakhnenko, A. G. (1981). *Induktivnyi metod samoorganizatsii modely slozhnykh sistem*. Kyiv: Naukova dumka, 286.
- Gorbiychuk, M., Medvedchuk, V., Pashkovskiy, B. (2014). The parallelism in the algorithm of the synthesis of models of optimal complexity based on the genetic algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (70)), 42–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26305>
- Raskin, L. G., Seraya, O. V., Volovschikov, V. Yu. (2016). *Nechetkaya matematika*. Khark: NTU «KhPI», 203.
- Ihnatkin, V. U. et al. (2019). *Matematychnye zabezpechennia tekhnichnykh zasobiv vymiriuvannia i kontroliu*. Dnipro: TOV «Favor LTD», 339.
- Verzhbitskiy, V. M. (2021). *Osnovy chislennykh metodov*. Moscow-Berlin: Direkt-Media. doi: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/ek21-2>
- Yaroshenko, O. I., Hryhorkiv, M. V. (2018). *Chyslovi metody*. Chernivtsi: Chernivetskyi nats. un-t, 172.
- Dykha, M. V., Moroz, V. S. (2016). *Ekonometriya*. Kyiv: Tsentri navchalnoi literatury, 206.
- Gorbiychuk, M. I., Skripka, O. A., Pashkovskiy, B. V. (2016). Optymalni rozpodil kilkosti hazoperekachuvalnykh ahrehativ v umovakh nevyznachenosti pry zadanykh obsiahakh na perekachku pryrodnoho hazu. *East European Scientific Journal*, 2 (3 (7)), 53–58.
- Gorbiychuk, M., Pashkovskiy, B., Moyseenko, O., Sabat, N. (2017). Solution of the optimization problem on the control over operation of gas pumping units under fuzzy conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (89)), 65–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111349>
- Dranyshnykov, L. V. (2018). *Intelektualni metody v upravlinni*. Kamianske: DDTU, 416.
- Gorbiychuk, M. I., Humenyuk, T. V. (2016). Synthesis Method of Empirical Models Optimal by Complexity under Uncertainty Conditions. *Journal of Automation and Information Sciences*, 48 (9), 64–74. doi: <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v48.i9.50>
- Oliynyk, A. P., Subbotin, S. O., Oliynyk, O. O. (2012). *Intelektualnyi analiz danykh*. Zaporizhzhia: ZNTU, 277.
- SOU 60.3-30019801-011:2004. *Kompresorni stantsiyi. Kontrol teplotekhnichnykh ta ekolohichnykh kharakterystyk hazoperekachuvalnykh ahrehativ*. Kyiv: DK Ukrtranshaz, 117.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275655**РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТИПОВОЇ ФОРМИ ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯ (с. 6–12)****С. В. Хламов, В. Є. Саваневич, О. Б. Брюховецький, В. П. Власенко, Т. О. Трунова, В. О. Шведун, Л. М. Грень, І. С. Табакова**

Порушення умов зйомки досліджуваних об'єктів призводить до формування різноманітної типової форми об'єктів по всьому кадру серії. Наслідком цього визначення точного положення об'єкту на кадрі стає скрутним. Для цього було розроблено метод визначення положення об'єкту з використанням типової форми його зображення на серії кадрів.

Даний метод заснований на формуванні типової форми цифрового зображення об'єкта на основі даних з усіх кадрів серії. Вона дозволяє врахувати особливості формування зображення об'єкта на кожному кадрі початкової серії. Базуючись на цьому, виконується більш точна оцінка початкового наближення параметрів усіх гауссіан зображення об'єкта. Адаптація методу саме під типову форму дозволяє виконати більш точну оцінку позиційних параметрів (координат) об'єкту у порівнянні з аналітично заданим профілем. Оцінка положення об'єкта була отримана за допомогою методу найменших квадратів. Після цього була виконана мінімізація за допомогою алгоритму Левенберга-Марквардта. Також використання методу дозволяє покращити ототожнення з опорними об'єктами та скоротити кількість помилкових виявлень. Дослідження показало зменшення середньоквадратичного відхилення помилок ототожнення кадрів у 7–10 разів при використанні типової форми цифрового зображення.

Розроблений метод визначення положення об'єкту з використанням типової форми його зображення був апробований на практиці в рамках проекту CoLiТес. Він був впроваджений в блоці внутрішньокадрової обробки програмного забезпечення Lemur для автоматизованого виявлення нових та супроводу відомих об'єктів. Завдяки використанню програмного забезпечення Lemur та впровадженню в нього запропонованого обчислювального методу було успішно оброблено та ототожнено понад 700 000 вимірювань різних об'єктів, що досліджуються.

Ключові слова: обробка зображення, типова форма зображення, алгоритм Левенберга-Марквардта, оцінка параметрів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275984**ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ТЕКСТУРНОГО ТИПУ (с. 13–18)****Jamalbek Tussupov, Kairat Kozhabai, Aigulim Bayegizova, Leila Kassenova, Zhanat Manbetova, Natalya Glazyrina, Mukhamed Bersugir, Miras Yeginbayev**

Робота присвячена методам машинного навчання, орієнтованим на покращення зображень текстурного типу, а саме на поліпшення об'єктів на зображеннях. Метою дослідження є розробка алгоритмів покращення зображень та визначення точності розглянутих моделей для покращення даного типу зображень. Незважаючи на те, що використовувалися в даний час системи цифрової обробки зображень зазвичай забезпечують високу якість зображень, зовнішні фактори або навіть системні обмеження можуть привести до того, що зображення в багатьох областях науки матимуть низьку якість та роздільну здатність. Тому розглядаються порогові значення для обробки зображень у певній галузі науки.

Першим етапом обробки зображень є покращення зображення. Питання обробки зображень сигналів залишаються у центрі уваги різних фахівців. В даний час, поряд з розвитком інформаційних технологій, одним із актуальних завдань є автоматичне покращення зображень, що використовуються в будь-якій галузі науки. Зображення аналізувалися як об'єкти: державні номерні знаки автомобілів, особи, ділянки поля на супутникових знімках.

У даній роботі запропоновано використовувати моделі генеративно-змагальної мережі надроздільної здатності (SRGAN), розширених генеративно-змагальних мереж надроздільної здатності (ERSGAN). Для цього був проведений експеримент, метою якого було перенавчання навченої моделі ESRGAN з трьома різними архітектурами згорткової нейронної мережі, тобто VGG19, MobileNet2V, ResNet152V2 для додавання втрат сприйняття (за пікселями), а також додавання різкості до прогнозування тестового зображення та порівняння продуктивності кожної перенавченої моделі. В результаті дослідження використання згорткових нейронних мереж для покращення зображення показало високу точність, тобто в середньому ESRGAN+MobileNetV2 – 91 %, ESRGAN+VGG19 – 86 %, ESRGAN+ResNet152V2 – 96 %.

Ключові слова: обробка зображень, SRGAN, ESRGAN, VGG19, MobileNet2V, ResNet152V2, машинне навчання, надроздільна здатність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276650**ВИЗНАЧЕННЯ ІНВАНТНУ МІЖКАДРОВОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕТРИКИ СХОЖОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ (с. 19–25)****О. В. Горда, А. А. Сердюк, І. І. Назаренко**

Актуальність моделювання цифрових зображень визначається необхідністю реалізації підходів у дослідженні завдань локалізації та ідентифікації об'єктів з метою зменшення обсягів даних. У роботі об'єктом дослідження є топологія дискретного двовимірного зображення у межах проблеми визначення інваріантів диффеоморфних перетворень. Під геоінформаційними об'єктами (ГІО) маються на увазі об'єкти, що знаходяться на заданій поверхні або об'єкти, що локально змінюють поверхню. Щодо об'єктів

передбачається, що зміна їхньої геолокації в процесі формування як одиночних зображень, так і на протязі серії кадрів, отриманої в процесі неперервного моніторингу, є незначною. У процесі сканування поверхні враховуються можливі зміни положення джерела зображення, наприклад, такі як рискання, крен і тонгаж у разі безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Ці маневри представляються як група диффеоморфізмів, які контролюються за рахунок внутрішніх гіроскопів несучого апарату та зовнішньої системи навігації. На підставі проведених досліджень визначено початкову онтологію цифрових зображень (ОЦЗ) з використанням моделі кольорних просторів та функцій спеціального вигляду. Наявність онтології дозволяє побудувати адекватну топологію розподілу кольору зображення і враховувати специфіку розподілу різних кольорів на цифровому зображенні. Результати досліджень свідчать, що перспективним методом є визначення подібності за рахунок побудови графа структури кольорного атласу (ГСКА) на базі ОЦЗ та визначення інваріантів як фрагмента ГСКА, успадкованого всіма зображеннями послідовності. До сфери та умов практичного використання отриманого результату відноситься його застосування до аналізу зображень методами штучного інтелекту.

Ключові слова: цифрове зображення, кольорний атлас, геоінформаційний об'єкт, онтологія, міра, подібність, хеш-функція, диффеоморфізм, персистентні гомології.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276585

РОЗРОБКА МОДЕЛІ АДАПТИВНОГО ГРАФІЧНОГО ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ РЕДАГУВАННЯ XML-ДАНИХ (с. 26–35)

Aigul Mukhitova, Aigerim Yerimbetova, Lyailya Cherikbayeva

Можливість кінцевого користувача працювати з великим обсягом даних з великої кількості різнорідних джерел і при цьому отримувати ефективний результат здійснюється за рахунок використання графічних веб-інтерфейсів, побудованих на основі XML-технологій, що дозволяють відобразити будь-яку структуру файлу, представленого у форматі XML. В якості методу обміну даними між додатками в Інтернеті, в XML все ще відсутні можливості ідентифікації веб-ресурсів і системи, що їх використовують, а також можливості вираження знань, що надаються XML-документами. В даному дослідженні був розроблений веб-інтерфейс (веб-додаток) в якості редактора XML-записів, який надає форми відображення для створення та редагування XML-документів і здатний адаптуватися до внутрішніх ресурсів використовуваної системи. Технологія заснована на перетворенні схеми набору даних XSD за допомогою XSLT-перетворень. Екранні форми формуються на стороні сервера та надаються користувачеві з усіма необхідними інструментами для правильного введення і/або редагування різнорідних даних. Відмінною особливістю цієї технології є можливість відображення як правильно, так і неправильно сформованих XML-даних. Розроблений графічний інтерфейс дозволяє будь-якому додатку автоматично обмінюватися та читувати інформацію з інших додатків без участі людини, що значно підвищує продуктивність та зручність використання. Це програмне рішення може використовуватися як в якості самостійного модуля побудови і редагування даних, представлених у форматі XML, так і в якості вбудованого модуля, що підключається до різних серверних програм для систем управління різнорідною інформацією.

Ключові слова: веб-інтерфейси, управління/навігація по XML-документам, перетворення XML/XSLT, неправильно сформовані дані.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275657

РОЗРОБКА LQR-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНОЇ DIP-СИСТЕМИ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ ABC (с. 36–44)

Mohammad A. Thanoon, Sohaib R. Awad, Ismael Kh. Abdullah

Системи з перевернутим маятником, такі як подвійні або одинарні, обертальні або поступальні перевернуті маятники є нелінійними і нестійкими, що є найбільш поширеним підходом до систем управління. Подвійний перевернутий маятник є одним із видів нелінійної, нестійкої системи, багатофакторним та сильним зв'язком з широким спектром методів управління. Для моделювання систем такого типу було запропоновано безліч методів, що мотивують дослідників на пошук нових інноваційних рішень. Поширеним контролером, що використовується в цій галузі, є лінійно-квадратичний регулятор (LQR). Тим часом альтернативним рішенням для використання алгоритмів інтелекту бджолиного рою став метод штучної бджолиної колонії (ABC). Описані в літературі дослідницькі рішення алгоритму штучної бджолиної колонії можуть бути корисними, проте використання виявлених джерел їжі неефективно. Таким чином, у цій роботі намагалися створити систему з подвійним перевернутим маятником для стабілізації шляхом вибору параметрів лінійно-квадратичного регулятора з використанням біоінспірованої методології оптимізації штучної бджолиної колонії та вагових матриць Q та R. Результати показують, що при застосуванні алгоритму штучної бджолиної колонії до лінійно-квадратичного регулятора, він отримує можливість автономно налаштуватися в режимі онлайн. Щоб додатково продемонструвати ефективність та життєздатність запропонованої методології, було проведено моделювання та порівняння зі звичайними лінійно-квадратичними регуляторами. Отримані результати показують, що використання штучного інтелекту (ШІ) спільно з запропонованим регулятором перевершує звичайні лінійно-квадратичні регулятори більш ніж на 50 % за перехідною характеристикою та поліпшеним часовим характеристикам і стійкості.

Ключові слова: подвійний перевернутий маятник (DIP), нелінійні системи, нестійкі системи, лінійно-квадратичний регулятор (LQR), штучна бджолина колонія (ABC).

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276587

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПОБУДОВИ РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТУРБІНИ ДЕТАНДЕРА (с. 44–52)

Heorhii Kulinchenko, Viacheslav Zhurba, Andrii Panych, Petro Leontiev

Дослідження присвячене регулятору швидкості обертання турбіни детандера, з врахуванням можливості реалізації цього регулятора на мікропроцесорних засобах автоматизації. Використання детандер-генераторних агрегатів в цілому покращує показники

енергозбереження, а можливість підтримання швидкості обертання валу турбіни у визначених межах, в свою чергу, безпосередньо впливає на показники якості згенерованої електроенергії. Турбіна детандера, як об'єкт керування, описується нелінійними рівняннями, що обумовлює можливість використання різних за своєю побудовою регуляторів, та потребує обрання найбільш відповідного за певними критеріями. В рамках дослідження, виходячи із завдань практичної реалізації регулятора на мікропроцесорних засобах, підтверджено доцільність редукування передатної функції моделі в процесі ідентифікації об'єкту керування. В результаті досліджень на експериментальній установці показано, що використання трьохпозиційного релейного регулятора дозволяє забезпечити динаміку регулювання на рівні класичного PID-регулятора. Вагомим результатом досліджень є факт стабілізації швидкості обертання турбіни, яка впливає на параметри електроенергії, що генерується електрогенератором. Виконана лінеаризація опису об'єкта керування шляхом побудови сімейства передатних функцій для робочих точок діапазону регулювання. Для побудови регулятора швидкості обертання турбін запропоновано критерій «мінімальної коливальності параметру при зміні його заданого значення». Побудовано регулятор для нелінійного об'єкта з ознаками коливальності, який має просту реалізацію та час циклу 1 мс. Він дає змогу зменшити коливання швидкості обертання до 5 % та мінімізувати вплив збурень процесу обертання.

Ключові слова: нелінійний об'єкт, адаптивне керування, релейний регулятор, модель об'єкта, редукована модель.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276586

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ (с. 53–63)

М. І. Горбійчук, Д. Р. Кропивницький, В. Б. Кропивницька

Запропоновано метод удосконалення емпіричних моделей складних технологічних об'єктів при недостатній кількості інформації про вхідні та вихідні значення параметрів об'єкта. Встановлено, що більшість методів побудови емпіричних моделей вимагають знання статистичних характеристик вхідних і вихідних значень об'єкта. При моделюванні складних невідтворюваних стохастичних процесів, які розвиваються в часі, інформація про параметри та структуру об'єкта зазвичай є недоступною. Було запропоновано метод, коли вхідні та вихідні значення розглядаються як нечіткі величини з трикутною функцією належності. Оскільки в деяких точках області трикутна функція належності є недиференційованою, то в звичайному вигляді її незручно використовувати для розв'язку задачі оптимального керування. Тому пропонується апроксимувати її функцією належності Гауса. Показано, що така апроксимація зводиться до знаходження одного параметра, який визначається методом найменших квадратів. Його величина практично не залежить від величини інтервалу невизначеності, а величина, що характеризує точність апроксимації, є монотонно зростаючою функцією, яка має лінійний характер. Це дозволяє визначити основні операції над нечіткими числами та отримати емпіричну модель для випадку поліноміальної «базової» моделі. Отримана модель є лінійною за своїми параметрами, тому для їх знаходження можна використати генетичний алгоритм. Показано, що генетичні алгоритми можна використовувати при побудові емпіричних поліноміальних моделей, коли вхідні параметри трактують як нечіткі числа.

Таким чином, можна стверджувати, що при побудові емпіричної моделі об'єкта, на який діють зовнішні перешкоди, які не піддаються вимірюванню, всі вхідні величини доцільно апроксимувати трикутною функцією належності Гауса.

Ключові слова: емпірична модель, функція належності, апроксимація функції, нечіткі числа, генетичний алгоритм.