

DOI 10.15587/1729-4061.2023.287790

IMPROVING A PROCEDURE OF LOAD BALANCING IN DISTRIBUTED IOT SYSTEMS (p. 6–22)**Ihor Zakutynskyi**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2905-3205>**Ihor Rabodzei**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2505-5249>**Stanislav Burmakin**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4362-6448>**Oleksandr Kalishuk**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1577-6473>**Vitalii Nebylytsia**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0154-9909>

The object of this research is the process of load balancing in distributed Internet of Things (IoT) systems. Within this work, a complex of problems related to efficient load distribution has been addressed. The authors conducted an analysis of existing load-balancing approaches and their drawbacks and proposed an enhanced architecture for the MQTT broker. Additionally, methods and algorithms for load balancing were developed based on multi-criteria server monitoring.

Furthermore, the authors created a mathematical model to assess the uniformity of load distribution in the system and introduced a corresponding metric – the load distribution coefficient. In order to evaluate the proposed load balancing methods, a series of experiments were conducted, including the simulation of a distributed IoT system with non-deterministic load. The main goal of these experiments was to assess the uniformity of MQTT load distribution by the broker.

The results of the experiments confirmed the hypothesis of improved load distribution efficiency through multi-criteria monitoring-based balancing. The utilization of the proposed load-balancing methods allowed for a more efficient utilization of computational resources. It was found that when using the proposed methods, in the case of non-deterministic load in the IoT system, the load distribution coefficient on average exceeded the corresponding indicator of existing methods by 70 %. In addition, the value of this coefficient for the proposed methods remains virtually unchanged throughout the experiment, which is evidence of the stable operation of the system as a whole. The results obtained can be useful in the development of modern IoT systems.

Keywords: internet of things, load balancing, cloud computing, distributed systems, performance evaluation.

References

- State of IoT – Spring 2023. Available at: <https://iot-analytics.com/product/state-of-iot-spring-2023>
- Liaqat, M., Naveed, A., Ali, R. L., Shuja, J., Ko, K.-M. (2019). Characterizing Dynamic Load Balancing in Cloud Environments Using Virtual Machine Deployment Models. *IEEE Access*, 7, 145767–145776. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2945499>
- Shafiq, D. A., Jhanjhi, N. Z., Abdullah, A., Alzain, M. A. (2021). A Load Balancing Algorithm for the Data Centres to Optimize Cloud Computing Applications. *IEEE Access*, 9, 41731–41744. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3065308>
- Goncalves, D., Puliafito, C., Mingozzi, E., Rana, O., Bittencourt, L., Madeira, E. (2020). Dynamic Network Slicing in Fog Computing for Mobile Users in MobFogSim. 2020 IEEE/ACM 13th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC). doi: <https://doi.org/10.1109/ucc48980.2020.00042>
- Yuan, H., Bi, J., Zhou, M. (2022). Geography-Aware Task Scheduling for Profit Maximization in Distributed Green Data Centers. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 10 (3), 1864–1874. doi: <https://doi.org/10.1109/tcc.2020.3001051>
- Bogdanov, K. L., Reda, W., Maguire, G. Q., Kostić, D., Canini, M. (2018). Fast and Accurate Load Balancing for Geo-Distributed Storage Systems. *Proceedings of the ACM Symposium on Cloud Computing*. doi: <https://doi.org/10.1145/3267809.3267820>
- Srinivas, J., Qyser, A. A. M., Reddy, B. E. (2015). Exploiting Geo Distributed datacenters of a cloud for load balancing. 2015 IEEE International Advance Computing Conference (IACC). doi: <https://doi.org/10.1109/iadcc.2015.7154780>
- Shuaib, M., Bhatia, S., Alam, S., Masih, R. K., Alqahtani, N., Bashaer, S., Alam, M. S. (2023). An Optimized, Dynamic, and Efficient Load-Balancing Framework for Resource Management in the Internet of Things (IoT) Environment. *Electronics*, 12 (5), 1104. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics12051104>
- Lim, J. (2021). Scalable Fog Computing Orchestration for Reliable Cloud Task Scheduling. *Applied Sciences*, 11 (22), 10996. doi: <https://doi.org/10.3390/app112210996>
- Singh, S. P., Kumar, R., Sharma, A., Nayyar, A. (2020). Leveraging energy-efficient load balancing algorithms in fog computing. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 34 (13). doi: <https://doi.org/10.1002/cpe.5913>
- Fan, Q., Ansari, N. (2020). Towards Workload Balancing in Fog Computing Empowered IoT. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 7 (1), 253–262. doi: <https://doi.org/10.1109/tNSE.2018.2852762>
- Kim, H.-Y., Kim, J.-M. (2016). A load balancing scheme based on deep-learning in IoT. *Cluster Computing*, 20 (1), 873–878. doi: <https://doi.org/10.1007/s10586-016-0667-5>
- Gomez, C., Shami, A., Wang, X. (2018). Machine Learning Aided Scheme for Load Balancing in Dense IoT Networks. *Sensors*, 18 (11), 3779. doi: <https://doi.org/10.3390/s18113779>
- Adil, M. (2021). Congestion free opportunistic multipath routing load balancing scheme for Internet of Things (IoT). *Computer Networks*, 184, 107707. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107707>
- Tonguz, O. K Yanmaz, E. (2008). The Mathematical Theory of Dynamic Load Balancing in Cellular Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 7 (12), 1504–1518. doi: <https://doi.org/10.1109/tmc.2008.66>
- Latchoumi, T. P., Parthiban, L. (2021). Quasi Oppositional Dragonfly Algorithm for Load Balancing in Cloud Computing Environment. *Wireless Personal Communications*, 122 (3), 2639–2656. doi: <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09022-w>
- Zakutynskyi, I. (2023). Finding the Optimal Number of Computing Containers in IoT Systems: Application of Mathematical Modeling Methods. *Electronics and Control Systems*, 2 (76), 9–14. doi: <https://doi.org/10.18372/1990-5548.76.17661>

18. Alakbarov, R. (2022). An Optimization Model for Task Scheduling in Mobile Cloud Computing. *International Journal of Cloud Applications and Computing*, 12 (1), 1–17. doi: <https://doi.org/10.4018/ijcac.297102>
19. Kaveri, P. R., Chavan, V. (2013). Mathematical model for higher utilization of database resources in cloud computing. 2013 Nirma University International Conference on Engineering (NUICONE). doi: <https://doi.org/10.1109/nuicone.2013.6780095>
20. Zakutynskiy, I., Sibruk, L., Rabodzei, I. (2023). Performance evaluation of the cloud computing application for IoT-based public transport systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (124)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285514>
21. MQTT Shared Subscriptions – MQTT 5 Essentials Part 7. Available at: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt5-essentials-part7-shared-subscriptions/>
22. MQTT Version 5.0. OASIS Standard. Available at: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/os/mqtt-v5.0-os.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289187

DEVELOPMENT OF AN AUGMENTED DAMERAU-LEVENSHTEIN METHOD FOR CORRECTING SPELLING ERRORS IN KAZAKH TEXTS (p. 23–33)

Nurzhan Mukazhanov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4835-5751>

Zhibek Alibiyeva

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9565-5621>

Aigerim Yerimbetova

Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>

Aizhan Kassymova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2999-5745>

Nursulu Alibiyeva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3609-1859>

The presented paper is devoted to the development of a method for identifying and correcting spelling errors in Kazakh texts. In this paper, the study object is methods for more accurate correction of spelling errors in Kazakh texts. The aim of the study is to develop an augmented version of the Damerau-Levenshtein method for correcting spelling errors in Kazakh language texts. Automatic detection and correction of spelling errors have become a default feature in modern text editors for working with text data, in text messaging applications such as chatbots, messengers, etc. However, although this task is well solved in geographically widespread languages, it has not been fully solved in languages with a small audience, such as the Kazakh language. The methods developed so far cannot correct all spelling errors found in Kazakh texts. Therefore, the development of a method with specific algorithms for spelling error correction in Kazakh texts is considered. As a result of the research work, algorithms for correcting errors found in Kazakh language texts were developed, and the developed algorithms were included in the Damerau-Levenshtein method. The experimental testing results of the augmented Damerau-Levenshtein method showed 97.2 % accuracy in correcting specific errors found only in Kazakh words and

92.8 % accuracy in correcting common errors from letter symbols. The standard Damerau-Levenshtein method testing results showed 76.4 % accuracy in correcting specific errors found only in Kazakh words. The results of the tests in correcting common errors from letter symbols with the augmented Damerau-Levenshtein method, the accuracy is 92.2 %. The extent and conditions of practical application of the results are implemented by including them in text editors, messengers, e-mails and similar applications that work with text data.

Keywords: NLP, algorithm, text data, probability, spelling error, edit distance, similarity.

References

1. Damerau, F. J. (1964). A technique for computer detection and correction of spelling errors. *Communications of the ACM*, 7 (3), 171–176. doi: <https://doi.org/10.1145/363958.363994>
2. Kwon, S., Lee, G. G. (2023). Self-feeding training method for semi-supervised grammatical error correction. *Computer Speech & Language*, 77, 101435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csl.2022.101435>
3. Sheng, L., Xu, Z., Li, X., Jiang, Z. (2023). EDMSpell: Incorporating the error discriminator mechanism into chinese spelling correction for the overcorrection problem. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35 (6), 101573. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101573>
4. Nagata, R., Takamura, H., Neubig, G. (2017). Adaptive Spelling Error Correction Models for Learner English. *Procedia Computer Science*, 112, 474–483. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.065>
5. Zukarnain, N., Abbas, B. S., Wayan, S., Trisetyarso, A., Kang, C. H. (2019). Spelling Checker Algorithm Methods for Many Languages. 2019 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). doi: <https://doi.org/10.1109/icimtech.2019.8843801>
6. Kartbayev, A., Mamyrbayev, O., Khairova, N., Ybytayeva, G., Abilkaiyr, N., Mussayeva, D. (2021). Correction of Kazakh synthetic text using finite state automata. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99 (22), 5559–5570. Available at: <http://www.jatit.org/volumes/Vol99No22/29Vol99No22.pdf>
7. Sorokin, A., Shavrina, T. (2016). Automatic spelling correction for Russian social media texts. Conference: Dialogue, International Conference on Computational Linguistics. Moscow, 688–701. Available at: https://www.researchgate.net/publication/303813582_Automatic_spelling_correction_for_Russian_social_media_texts
8. Song, X., Min, Y. J., Da-Xiong, L., Feng, W. Z., Shu, C. (2019). Research on Text Error Detection and Repair Method Based on Online Learning Community. *Procedia Computer Science*, 154, 13–19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.004>
9. Abdellah, Y., Lhoussain, A. S., Hicham, G., Mohamed, N. (2020). Spelling correction for the Arabic language space deletion errors-. *Procedia Computer Science*, 177, 568–574. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.080>
10. Kumar, R., Bala, M., Sourabh, K. (2018). A study of spell checking techniques for Indian Languages. *JK Research Journal in Mathematics and Computer Sciences*, 1 (1), 105–113. Available at: <http://jkhighereducation.nic.in/jkrjmc/issue1/15.pdf>
11. Chaabi, Y., Ataa Allah, F. (2022). Amazigh spell checker using Damerau-Levenshtein algorithm and N-gram. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34 (8), 6116–6124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.07.015>
12. Goslin, K., Hofmann, M. (2022). English Language Spelling Correction as an Information Retrieval Task Using Wikipedia Search Statistics. *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference*. Marseille, 458–464. Available at: <https://aclanthology.org/2022.lrec-1.48/>

13. Gowri, S., Sathish Kumar, P. J., Geetha Rani, K., Surendran, R., Jabez, J. (2022). Usage of a binary integrated spell check algorithm for an upgraded search engine optimization. *Measurement: Sensors*, 24, 100451. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100451>
14. Gupta, P. (2020). A Context-Sensitive Real-Time Spell Checker with Language Adaptability. 2020 IEEE 14th International Conference on Semantic Computing (ICSC). doi: <https://doi.org/10.1109/icsc.2020.00023>
15. Makazhanov, A., Makhambetov, O., Sabyrgaliyev, I., Yessenbayev, Z. (2014). Spelling Correction for Kazakh. *Lecture Notes in Computer Science*, 533–541. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-54903-8_44
16. Yanfi, Y., Gaol, F. L., Soewito, B., Warnars, H. L. H. S. (2022). Spell Checker for the Indonesian Language: Extensive Review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12 (5), 1–7. doi: https://doi.org/10.46338/ijetae0522_01
17. Friendly, F. (2019). Jaro–Winkler Distance Improvement For Approximate String Search Using Indexing Data For Multiuser Application. *Journal of Physics: Conference Series*, 1361 (1), 012080. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012080>
18. Kantrowitz, M., Baluja, S. (2003). Pat. No. US6618697B1. Method for Rule-Based Correction of Spelling and Grammar Errors. Available at: <https://patents.google.com/patent/US6618697B1/en>
19. Sarkar, D. (2016). *Text Analytics with Python*. Apress Berkeley, 385. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2388-8>
20. Ceska, Z., Hanak, I., Tesar, R. (2007). Teraman: A Tool for N-gram Extraction from Large Datasets. 2007 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing. doi: <https://doi.org/10.1109/iccp.2007.4352162>
21. Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics-Doklady*, 10 (8), 707–710. Available at: <https://nymity.ch/sybilhunting/pdf/Levenshtein1966a.pdf>
22. Rauf, S. A., Saeed, R., Khan, N. S., Habib, K., Gabrail, P., Aftab, F. (2017). Automated Grammatical Error Correction: a Comprehensive Review. *NUST Journal of Engineering Sciences*, 10 (2), 72–85. Available at: <https://journals.nust.edu.pk/index.php/njes/article/view/219>
23. Jurafsky, D., Martin, J. H. (2023). Spelling Correction and the Noisy Channel. *Speech and Language Processing*. Available at: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/B.pdf>
24. On the transfer of Kazakh writing from Latinized to a new alphabet based on Russian (1981). Collection of laws of the Kazakh USSR and decrees of the Presidium of the Supreme Soviet of the Kazakh USSR, 1, 1938–1981.
25. The development of Kazakh Soviet linguistics (1980). Publishing house “Science” of the Kazakh USSR, 128–242.
26. Kazsur 903-90. Computer facilities. Keyboards. The location of the letters of the Kazakh alphabet (2023). Available at: https://online.zakon.kz/Document/?Doc_id=1045019&pos=1;-16#pos=1;-16
27. Norvig, P. (2016). How to Write a Spelling Corrector. Available at: <https://norvig.com/spell-correct.html>
28. Zhubanov, A. K., Zhanabekova, A. A., Karbozova, B. D., Kozhakhmetov, A. K. (2016). *Frequency dictionary of the Kazakh language*. Almaty, 792.
29. Desta, S. G., Lehal, G. S. (2023). Automatic spelling error detection and correction for Tigrigna information retrieval: a hybrid approach. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12 (1), 387–394. doi: <https://doi.org/10.11591/eei.v12i1.4209>
30. Yeleussinov, A., Amirgaliyev, Y., Cherikbayeva, L. (2023). Improving OCR Accuracy for Kazakh Handwriting Recognition Using GAN Models. *Applied Sciences*, 13 (9), 5677. doi: <https://doi.org/10.3390/app13095677>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288940

IMPROVING THE ACCURACY OF IDENTIFYING OBJECTS IN DIGITAL FRAMES USING A PROCEDURE OF FULL IDENTIFICATION OF MEASUREMENTS (p. 34–41)

Sergii Khlamov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>**Vadym Savanevych**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8840-8278>**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, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-2679>**Volodymyr Troianskyi**

Odesa I. I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5899-2300>**Roman Gerasimenko**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7948-5851>**Viktoriia Shvedun**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5170-4222>

The variability of shooting conditions affects the quality of images of Solar System objects in a series of frames. Identification of a frame with the corresponding part of the sky becomes difficult if the quality is poor. Because of this fact, the detection quality indicators and estimation of the position of Solar System objects are significantly reduced when using already known methods and international astronomical catalogs. To solve this problem, the procedure of full identification of measurements of objects on digital frames was devised.

This procedure is based on the formation of triplets (triangles) of primary identification from the side of the digital frame and the astronomical catalog. Positional coordinates on the frame and ideal tangential coordinates from the catalog were used. Owing to this, a comparison of the primary identification triplets was carried out by comparing the calculated angles of the triangle vertices. The identity of the hypothesis was determined by comparison with the acceptable deviation.

The use of the developed full identification procedure makes it possible to reduce the number of false detections and improve identification with reference astronomical objects. The study showed that when identifying frames, astrometry has better accuracy of reference to the starry sky. In addition, the standard deviation of frame identification errors in this case is 6–9 times less than without using the devised procedure.

The procedure developed for complete identification was practically tested within the framework of the CoLiTec project. It was implemented in the Lemur software for automated detection of new and tracking of known objects. Owing to the use of Lemur software and the proposed computational procedure implemented in it, more than 700,000 measurements of various astronomical objects under study were successfully identified.

Keywords: : image processing, parameter estimation, measurement identification, series of frames, catalog form.

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>
- 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>
- Troianskyi, V., Kankiewicz, P., Oszkiewicz, D. (2023). Dynamical evolution of basaltic asteroids outside the Vesta family in the inner main belt. Astronomy & Astrophysics, 672, A97. doi: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202245678>
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Dikov, E. (2019). Cloud Computing Analysis of Indian ASAT Test on March 27, 2019. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061243>
- Oszkiewicz, D., Troianskyi, V., Galád, A., Hanuš, J., Ďurech, J., Wilawer, E. et al. (2023). Spins and shapes of basaltic asteroids and the missing mantle problem. Icarus, 397, 115520. doi: <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115520>
- 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>
- Savanevych, V., Khlamov, S., Vlasenko, V., Deineko, Z., Briukhovetskyi, 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>
- 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>
- Savanevych, V., Khlamov, S., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Tabakova, I. (2023). Mathematical Methods for an Accurate Navigation of the Robotic Telescopes. Mathematics, 11 (10), 2246. doi: <https://doi.org/10.3390/math11102246>
- Kuz'min, S. Z. (2000). Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedenie v teoriyu. Kyiv: Izdatel'stvo KviTs, 428.
- Savanevych, V., Akhmetov, V., Khlamov, S., Dikov, E., Briukhovetskyi, A., Vlasenko, V. et al. (2019). Selection of the Reference Stars for Astrometric Reduction of CCD-Frames. Advances in Intelligent Systems and Computing, 881–895. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_57
- Khlamov, S., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Recognition of the astronomical images using the Sobel filter. 2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). doi: <https://doi.org/10.1109/iwSSIP55020.2022.9854425>
- Belov, L. A. (2021). Radioelektronika. Formirovanie stabil'nykh chastot i signalov. Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 268.
- Lösler, M., Eschelbach, C., Riepl, S. (2018). A modified approach for automated reference point determination of SLR and VLBI telescopes. Tm - Technisches Messen, 85 (10), 616–626. doi: <https://doi.org/10.1515/teme-2018-0053>
- 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>
- 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>
- Hampson, K. M., Gooding, D., Cole, R., Booth, M. J. (2019). High precision automated alignment procedure for two-mirror telescopes. Applied Optics, 58 (27), 7388. doi: <https://doi.org/10.1364/ao.58.007388>
- Parimucha, Š., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, 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.
- Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskyi, 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>
- Politsch, C. A., Cisewski-Kehe, J., Croft, R. A. C., Wasserman, L. (2020). Trend filtering – I. A modern statistical tool for time-domain astronomy and astronomical spectroscopy. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 492 (3), 4005–4018. doi: <https://doi.org/10.1093/mnras/staa1106>
- Burger, W., Burge, M. J. (2009). Principles of Digital Image Processing. Springer, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
- Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazylev, 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
- Li, T., DePoy, D. L., Marshall, J. L., Nagasawa, D. Q., Carona, D. W., Boada, S. (2014). Monitoring the atmospheric throughput at Cerro Tololo Inter-American Observatory with aTmCam. Ground-Based and Airborne Instrumentation for Astronomy V. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2055167>
- Zacharias, N., Finch, C. T., Girard, T. M., Henden, A., Bartlett, J. L., Monet, D. G., Zacharias, M. I. (2013). The fourth US naval observatory CCD astrophotograph catalog (UCAC4). The Astronomical Journal, 145 (2), 44. doi: <https://doi.org/10.1088/0004-6256/145/2/44>

30. Lemur software. CoLiTec project. Available at: <https://www.colitec.space>
31. 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>
32. Ping, Y., Zhang, C., Lu, C. (2018). The Representation of OTA Images' Astrometric Results with WCS-SIP Coefficientstwo. Chinese Astronomy and Astrophysics, 42 (2), 267–278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chinastron.2018.04.006>
33. Akhmetov, V., Khlamov, S., Khrantsov, 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
34. Sergienko, A. B. (2011). Tsifrovaya obrabotka signalov. Sankt-Peterburg, 768.
35. Fischer, G. (1976). Complex Analytic Geometry. Lecture Notes in Mathematics. Springer, 206. doi: <https://doi.org/10.1007/bfb0080338>
36. Legault, T. (2014). Astrophotography. Rocky Nook, Inc.
37. Kobzar', A. I. (2006). Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. Moscow: FIZMATLI, 816.
38. 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.
39. Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. Progress in Astronomy, 20 (4), 312–323.
40. Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). Machine vision algorithms and applications. John Wiley & Sons, 516.
41. 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290129

DETERMINATION OF THE NUMBER OF CLUSTERS OF NORMALIZED VEGETATION INDICES USING THE K-MEANS ALGORITHM (p. 42–55)

Aigul Mimenbayeva

Astana IT University, C1, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4652-470X>

Samat Artykbayev

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9273-748X>

Raya Suleimenova

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2780-5391>

Gulnar Abdygalikova

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1834-2614>

Akgul Naizagarayeva

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6888-1092>

Aisulu Ismailova

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8958-1846>

The process of clustering of normalized vegetation indices in five regions with a total area of 2565 hectares of the North Kazakhstan region was studied. A methodological approach to organizing the clustering process is proposed using the vegetation indices NDVI, MSAVI, ReCI, NDWI and NDRE, taking into account individual characteristics in the three main phases of spring wheat development

As a result of the research, vegetation indices were grouped into 3 classes using the k-means clustering method. The first cluster contained vegetation indices whose maximum values occupied about 33.98 % of the total area of the study area. It was found that NDVI_{max} located in the first cluster was positively correlated with soil-corrected vegetation indices MSAVI and crop moisture indicators NDMI (R²=0.92). The second cluster is characterized by minimum values of NDVI_{max} coefficients at the germination, tillering and ripening phases (from 0.53 to 0.55). The lowest values of vegetation indices occupied 35.9 % in the germination phase, 37.9 % in the tillering phase, and 40.1 % of the field from the total area. The third cluster is characterized by average values of vegetation indices in all three phases. A correlation matrix was also constructed to assess the closeness of the relationship between actual yield and NDVI vegetation indices. The maximum coefficient was obtained at the germination phase, R=0.94 with a minimum significance coefficient p=0.018.

The approach used in this study can be useful in the analysis of satellite data, as it can improve the sensitivity of the constellation procedure. From a practical point of view, the results obtained make it possible to assess the condition of agricultural crops in the early stages of the growing season, which makes it possible to improve their productivity based on the results of cluster analysis.

Keywords: NVDI, vegetation index, cluster analysis, k-means algorithm, remote sensing data.

References

1. Mutanga, O., Masenyama, A., Sibanda, M. (2023). Spectral saturation in the remote sensing of high-density vegetation traits: A systematic review of progress, challenges, and prospects. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 198, 297–309. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.03.010>
2. Xue, J., Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. Journal of Sensors, 2017, 1–17. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
3. Xiao, X., Braswell, B., Zhang, Q., Boles, S., Frolking, S., Moore, B. (2003). Sensitivity of vegetation indices to atmospheric aerosols: continental-scale observations in Northern Asia. Remote Sensing of Environment, 84 (3), 385–392. doi: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00129-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00129-3)
4. Mimenbayeva, A., Zhukabayeva, T. (2020). A review of free resources for processing and analyzing geospatial data. Proceedings of the 6th International Conference on Engineering & MIS 2020. doi: <https://doi.org/10.1145/3410352.3410800>
5. Liu, D., Yang, F., Liu, S. (2021). Estimating wheat fractional vegetation cover using a density peak k-means algorithm based on hyperspectral image data. Journal of Integrative Agriculture, 20 (11), 2880–2891. doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63556-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63556-0)
6. Komarov, A. A., Kirsanov, A. D., Malashin, S. N. (2021). Comparative characteristics of various vegetation indices (vi) when the vegetation cover state of forage grasses assessing. Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University, 63 (2), 18–29. doi: <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2021-2-18-29>
7. Somvanshi, S. S., Kumari, M. (2020). Comparative analysis of different vegetation indices with respect to atmospheric particulate pollution using sentinel data. Applied Computing and Geosciences, 7, 100032. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acags.2020.100032>

8. Ntayagabiri, J. P., Ndikumagenge, J., Ndayisaba, L., Philippe, B. K. (2023). Study on the Development and Implementation of Different Big Data Clustering Methods. *Open Journal of Applied Sciences*, 13 (07), 1163–1177. doi: <https://doi.org/10.4236/ojapps.2023.137092>
9. Tlebaldinova, A. S., Ponkina, Ye. V., Mansurova, M. Ye., Ixanov, S. Sh. (2021). Using satellite images to assess the state of arable fields on the example of the East Kazakhstan region. *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*, 82 (4), 179–186. doi: <https://doi.org/10.47533/2020.1606-146x.128>
10. Pandey, S., Khanna, P. (2014). A hierarchical clustering approach for image datasets. 2014 9th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS). doi: <https://doi.org/10.1109/iciinfs.2014.7036504>
11. Prasad, M., Thota, S. (2023). Buddy System Based Alpha Numeric Weight Based Clustering Algorithm with User Threshold. doi: <https://doi.org/10.20944/preprints202308.1676.v1>
12. Khudov, H., Makoveichuk, O., Komarov, V., Khudov, V., Khizhnyak, I., Bashynskyi, V. et al. (2023). Determination of the number of clusters on images from space optic-electronic observation systems using the k-means algorithm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (123)), 60–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.282374>
13. Vandana, B., Kumar, S. S. (2019). Hybrid K Mean Clustering Algorithm for Crop Production Analysis in Agriculture. *Special Issue*, 9 (2S), 9–13. doi: <https://doi.org/10.35940/ijitee.b1002.1292s19>
14. Umarani, R., Tamarasi, P. (2019). Data analysis of crop yield prediction using k-means clustering algorithm. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6 (4), 535–538. Available at: <https://www.jetir.org/papers/JETIR1904582.pdf>
15. Marino, S., Alvino, A. (2021). Vegetation Indices Data Clustering for Dynamic Monitoring and Classification of Wheat Yield Crop Traits. *Remote Sensing*, 13 (4), 541. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13040541>

DOI: [10.15587/1729-4061.2023.289987](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289987)

A CASE STUDY OF QUALITY CONTROL APPLICATION WITH BIM-LASER SCANNING COLLABORATION IN BUILDING CONSTRUCTION PROCESS (p. 56–66)

Hasan Polat

Firat University, Elazig, Turkey

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4935-0111>

Nabaz Mawlood Ali

University of Raparin, Kurdistan, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9014-2616>

Housing accounts for the largest share of the volume of the construction sector. Housing is the living space that people use on a permanent or temporary basis. Living space is also expected to have the desired quality. Quality requires construction in accordance with specified conditions and rules. In order to minimize possible errors in the design and construction process and to achieve the desired level of quality, continuous, scientific and instrumental controls are required. In recent years, with the rapid development of technology, methods have been developed that have achieved good results using integrated technology, which has begun to replace the quality controls performed by traditional methods. This new technology partnership called Building Information Modelling and Laser Scanning is described in this study. The aim of the study is to show that human error in building inspection can be minimized with the help of technology. In the study, a building was selected from a sample public housing project. Two dimensional projects of the building were converted into three dimensions using Building Information Modelling. In the current state of construction, point clouds were captured using laser scanning,

The point clouds were converted to three dimensions. The construction defects were calculated by overlaying the BIM model with the real point cloud data. After checking, it was found that 2.2 % of the productions were defective productions. It was found that 97.8 % of the productions were within acceptable tolerance limits. The results obtained on a sample residential building demonstrate the importance of these new solutions for quality control and error-free production.

Keywords: building information modeling; laser scan, quality, quality control, construction, building.

References

1. Bosché, F. (2012). Plane-based registration of construction laser scans with 3D/4D building models. *Advanced Engineering Informatics*, 26 (1), 90–102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.009>
2. Öztaş, A., Güzelsoy, S. S., Tekinkuş, M. (2007). Development of quality matrix to measure the effectiveness of quality management systems in Turkish construction industry. *Building and Environment*, 42 (3), 1219–1228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.017>
3. Aydın, M. (2014). İnşaat Projelerinde Kalite Yönetimi Uygulamaları.
4. Polat, H., Kaya, F., Balo, F. (2021). Control of Building Components by Building Information Modeling Technology and 3D Laser Scanning İntegration Technique for Sustainable Building Quality. *Sustaining Tomorrow*, 113–134. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64715-5_7
5. Rashdi, R., Martínez-Sánchez, J., Arias, P., Qiu, Z. (2022). Scanning Technologies to Building Information Modelling: A Review. *Infrastructures*, 7 (4), 49. doi: <https://doi.org/10.3390/infrastructures7040049>
6. Teslia, I., Yehorchenkova, N., Yehorchenkov, O., Khlevna, I., Kataieva, Y., Veretelnyk, V. et al. (2022). Development of the concept of construction of the project management information standard on the basis of the primadoc information management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (115)), 53–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253299>
7. Nguyen, P. T., Anh, T., Minh, T., Dang, K., Dang, V., Le, Q. et al. (2018). Construction Project Quality Management using Building Information Modeling 360 Field. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9 (10). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.091028>
8. Oflluoğlu, S. (2014). Yapı Bilgi Modelleme : Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. *Mimarist*, Ocak, 49, 10–12. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328875465_Yapi_Bilgi_Modelleme_Gereksinim_ve_Birlikte_Calisabilirlik_Mimarist
9. Hosamo, H. H., Hosamo, M. H. (2022). Digital Twin Technology for Bridge Maintenance using 3D Laser Scanning: A Review. *Advances in Civil Engineering*, 2022, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/2194949>
10. Mill, T., Alt, A., Liias, R. (2013). Combined 3d building surveying techniques – terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for bim data management purposes. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19, S23–S32. doi: <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.795187>
11. Babalola, A., Musa, S., Akinlolu, M. T., Haupt, T. C. (2021). A bibliometric review of advances in building information modeling (BIM) research. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21 (3), 690–710. doi: <https://doi.org/10.1108/jedt-01-2021-0013>
12. Shaporeva, A., Kopnova, O., Shmigirilo, I., Kukharenko, Y., Aitymova, A. (2022). Development of comprehensive decision support tools in distance learning quality management processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (118)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263285>
13. Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., Haas, R. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques

for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction*, 49, 201–213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014>

14. Al-Sakkaf, A., Ahmed, R. (2019). Applicability of BIM in Heritage Buildings. *International Journal of Digital Innovation in the Built Environment*, 8 (2), 20–37. doi: <https://doi.org/10.4018/jdibe.2019070102>
15. Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., Do, S. T. (2020). Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8839923>
16. Azhar, S., Brown, J. (2009). BIM for Sustainability Analyses. *International Journal of Construction Education and Research*, 5 (4), 276–292. doi: <https://doi.org/10.1080/15578770903355657>
17. Kazado, D. (2018). Add-in for a case study for integration of sensor technology with BIM for facility management using Navisworks. Mendeley Data. doi: <https://doi.org/10.17632/xryftwb62n.1>
18. Bosche, F., Haas, C. T., Akinci, B. (2009). Automated Recognition of 3D CAD Objects in Site Laser Scans for Project 3D Status Visualization and Performance Control. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 23 (6), 311–318. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0887-3801\(2009\)23:6\(311\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0887-3801(2009)23:6(311))

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288542

DEVELOPMENT SYSTEM FOR COORDINATION OF ACTIVITIES OF EXPERTS IN THE FORMATION OF MACHINESCHEDULED STANDARDS IN THE FIELD OF MILITARY AND SPACE ACTIVITIES BASED ON ONTOLOGICAL ENGINEERING: A CASE STUDY (p. 67–77)

Anar Utegenova

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3875-5164>

Akylbek Bapyshev

INT-SAT Alatau LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0276-6670>

Zhanna Suimenbayeva

INT-SAT Alatau LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2347-356X>

Alisher Aden

INT-SAT Alatau LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4452-4362>

Tansaule Serikov

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7026-7702>

Ruslan Kassym

Academy of Logistic and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8024-5224>

Standardization and technical regulation involve the digitization of international and regional standards into “smart” standards, introducing new requirements for the presentation of complex industrial manuals. The introduction of artificial intelligence and machine learning into the process of standardization, improving process automation, data analysis will provide an opportunity to create innovative standards. Creation of machine-readable standards and their presentation in the form of a database will contribute to better interoperability between systems.

The article demonstrates the method of ontological engineering for the automation of partial methodological examination of documents in accordance with the National Standardization Plan.

As part of the experiment, an independent tool was developed, based on the extraction of qualitative data, using an uncontrolled automatic keyword extraction algorithm. The algorithm does not require the creation of a learning corpus, can be applied to any text and language, and does not have limitations on the amount of processed data. The algorithm provides adjustment of the parameters of the repetition of keywords, with the possibility of taking into account less important keywords.

The work presents the following components: model classification standards, essence extraction module, categorization, thesaurus formation, monitoring and analysis. Calculations were carried out using formalization, determination of the target function, establishment of similarity measures, and description of document features. The work presents the theoretical aspect of application, design and description of the functional system.

Keywords: smart-standard, standard development, identifying keywords, harmonized standard, national standard.

References

1. DeNardis, L. (Ed.) (2011). *Opening Standards: The Global Politics of Interoperability*. The MIT Press, 272. Available at: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt5hhmxc> Last accessed: 07.09.2023
2. Chirumalla, K. (2021). Building digitally-enabled process innovation in the process industries: A dynamic capabilities approach. *Technovation*, 105, 102256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102256>
3. Czarny, D., Olsen, H. et al. (2020). Project 2 Standards of the Future – Pilot Petroleum sector. Internal CCMC-Report.
4. Czarny, D., Salcedo, I. et al. (2020). Classification Scheme and Use Cases. Internal IEC SG 12 Report.
5. Czarny, D., Wischhöfer, C. (2020). Aktuelles zum Thema SMART Standards – Die IDiS-Initiative. DIN-Mitteilungen. Berlin: Beuth-Verlag, 5–9.
6. Esser, M., Koch, H., Willuhn, H. (2017). Digitale Content-Dienstleistungen aus dem zentralen XML Content Repository – Zentrale Ablage von Inhalten und Trennung der Inhalte von ihrer Darstellungsform. DIN-Mitteilungen. Berlin: Beuth-Verlag, 18–23.
7. Huang, T. (2020). Design and Key Technology Research of Civil-Military Integration Regulations and Standards Management System. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 201–207. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_21
8. Ryu, H.-E. (2021). Standards Harmonization and Asymmetric Compliance Technology. *Journal of Korea Trade*, 25 (3), 1–20. doi: <https://doi.org/10.35611/jkt.2021.25.3.1>
9. Harmonised Standards. Available at: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/harmonised-standards_en
10. Chairicharoen, R., Srimaharaj, W., Chaising, S., Pamanee, K. (2022). Classification Approach for Industry Standards Categorization. 2022 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON), 308–313. doi: <https://doi.org/10.1109/ectidamntcon53731.2022.9720348>
11. Standards in Europe (2023). Available at: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_en.htm Last accessed: 01.10.2023
12. Ford-Baxter, T., Faulkner, K., Masunaga, J. (2022). Situating Information Literacy: A Case Study Exploring Faculty Knowledge of National Disciplinary Standards and Local Program Learning Out-

- comes. *The Journal of Academic Librarianship*, 48 (3), 102523. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aalib.2022.102523>
13. Barthelemy, F., Cochez, M., Dimitriadis, I., Karim, N., Loutas, N., Magnisalis, I. et al. (2022). Towards a standard-based open data ecosystem: analysis of DCAT-AP use at national and European level. *Electronic Government, an International Journal*, 18 (2), 137–180. doi: <https://doi.org/10.1504/eg.2022.121856>
 14. Reategui, E., Bigolin, M., Carniato, M., dos Santos, R. A. (2022). Evaluating the Performance of SOBEK Text Mining Keyword Extraction Algorithm. *Machine Learning and Knowledge Extraction*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 233–243. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14463-9_15
 15. Mehrabi, E., Mohebi, A., Ahmadi, A. (2021). Improved Keyword Extraction for Persian Academic Texts Using RAKE Algorithm; Case Study: Persian Theses and Dissertations. *Iranian Journal of Information Processing and Management*, 37 (1), 197–228. doi: <https://doi.org/10.52547/jipm.37.1.197>
 16. Miah, M. S. U., Sulaiman, J., Azad, S., Zamli, K. Z., Jose, R. (2021). Comparison of document similarity algorithms in extracting document keywords from an academic paper. 2021 International Conference on Software Engineering & Computer Systems and 4th International Conference on Computational Science and Information Management (ICSECS-ICOCSIM). Pekan, 631–636. doi: <https://doi.org/10.1109/icsecs52883.2021.00121>
 17. Yang, Y., Wu, Z., Yang, Y., Lian, S., Guo, F., Wang, Z. (2022). A Survey of Information Extraction Based on Deep Learning. *Applied Sciences*, 12 (19), 9691. doi: <https://doi.org/10.3390/app12199691>
 18. Nie, B., Sun, S. (2017). Using Text Mining Techniques to Identify Research Trends: A Case Study of Design Research. *Applied Sciences*, 7 (4), 401. doi: <https://doi.org/10.3390/app7040401>
 19. Schacht, M., Wischhöfer, C. (2014). Nutzen semantischer Technologien in der Normung und Anwendung - Das Heben eines Wissensschatzes: Normen semantisch analysieren. Inhalte zielgerichtet extrahieren und in Folgeprozessen verwenden. DIN-Mitteilungen Oktober 2014. Berlin: Beuth Verlag, 6–11.
 20. Discussion of ST RK projects. Available at: <https://www.ksm.kz/public-discussion/standards/discussion-of-draft-of-st-rk/> Last accessed: 01.10.2023
 21. Baibolov, A., Sydykov, S., Alibek, N., Tokmoldayev, A., Turdybek, B., Jurado, F., Kassym, R. (2022). Map of zoning of the territory of Kazakhstan by the average temperature of the heating period in order to select a heat pump system of heat supply: A case study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 44 (3), 7303–7315. doi: <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2108168>
 22. Kassym, R. T., Taldybayeva, A. S., Omar, D. R., Alibek, N. B., Kuder, K. M., Isakhanov, M. Z., Omarov, R. A. (2021). Experimental results of functional characteristics of IOT for free range sheep breeding. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 17 (2/4), 301–315. doi: <https://doi.org/10.1504/ijarge.2021.10044149>
 23. Utegenova, A., Naumenko, V., Alenova, R. (2021). Author's certificate No. 610144604. Ontological Engineering-Based Standards Development Process Management System.
 24. Baimuratov, O. A. (2022). Copyright certificate No. 27104. WEB Scraping of ISO standards. 13.06.2022.
 25. Baimuratov O. A. (2022). Author's certificate No. 27082. Collector of standard data of Kazakhstan. 10.06.2022.
 26. Bapyshev, A. M., Tulendi, A. A. (2022). Harmonization of Standards Taking into Account the Automatic Verification of Correctness and Consistency of Terminology Based on Machine Learning Technologies. *Development of Education and Science in New Kazakhstan*. Nur-Sultan, 189–192.
 27. Utegenova, A. U., Suimenbayeva, Zh. B., Bapyshev, A. M., Áden, A. E., Sakan, E. M. (2022). Methods for extracting terms from normative documentation based on ontology. *Problems of optimization of complex systems*. XVIII International. Almaty, 174–181.
 28. Utegenova, A., Ermoldina, G., Bapyshev, A., Naumenko, V., Aden, A. (2022). Ontological model of knowledge representation and organization, taking into account the recommendations of international standards in the educational process of the military university. *KazATC Bulletin*, 123 (4), 307–318. doi: <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2022-123-4-307-318>
 29. Utegenova, A., Ermoldina, G., Bapyshev, A., Naumenko, V. (2023). System of intelligent control of processes of development and harmonization of standards in the field of military and space activities on the basis of ontological engineering. *KazATC Bulletin*, 127 (4), 148–159. Available at: <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/article/view/1315>
 30. Kassym, R., Baymukhanbetov, A., Ermolina, G., Isakhanov, M., Tokmoldaev, A. (2023). Environmental aspects and impact on environmental changes of some useful elements and hazardous heavy metals in sheep and cow manure. *KazATC Bulletin*, 126 (3), 479–489. doi: <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-126-3-479-489>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.287007

OPTIMIZATION OF THE ACCUMULATOR TANK FILLING MODES OF THE XENON FEED SYSTEM FOR ELECTRIC PROPULSION SYSTEM (p. 78–86)

Bohdan Yurkov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4606-7799>

Serhii Asmolovskiy

Flight Control LLC, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5423-9365>

Viktor Pererva

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8803-5360>

Dmytro Voronovskiy

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7893-3132>

Sergei Kulagin

Institute of Technical Mechanics of the National Academy of

Sciences of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine,

Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2862-5809>

The object of the study in this work is pressure spikes in the accumulator tank of the xenon feed system for electric propulsion. The presence of significant pressure spikes in the accumulator tank of the feed system causes a change in the mass flow and, accordingly, a significant deterioration of the thruster parameters - thrust, specific impulse and efficiency. The problem that was solved in this work is to find ways to reduce pressure spikes while minimizing the volume of the accumulator tank without using additional elements. The analysis of literary sources showed that the specified problem is typical and has not been solved for small-volume accumulator tanks yet. To solve this problem, theoretical and experimental determination of pressure spikes that occur during the work on feedback from sensors was carried out, and an improved method of filling the accumulator tank was proposed. As a result of research, it was determined that pressure spikes that go beyond the permissible range ($\pm 3\%$) appear at an inlet pressure of 3.5 MPa. With an increase of inlet pressure, the pressure spikes also increase. As a result of research, it was found that for an inlet pressure of up to 3 MPa, it is appropriate to work on feedback from pressure sensors. For pressure values from 3 to 6 MPa, it is necessary to use the experimentally obtained formula to determine the accumulator tank

filling time. For a pressure of more than 6 MPa, it is necessary to work in the bang-bang mode. The research made it possible to determine the optimal modes of filling the accumulator tank. Presented modes allow to use a small-volume accumulator tank with the minimization of the valve activations number, in which stable operation of the thruster is maintained. The conclusions obtained as a result of the research can be useful for most developers of feed systems for electric propulsion.

Keywords: operation modes of the feed system, pressure spikes, methodology of accumulator tank filling, bang-bang, feedback from pressure sensors.

References

- Ganapathi, G. B., Engelbrecht, C. S. (2000). Performance of the Xenon Feed System on Deep Space One. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 37 (3), 392–398. doi: <https://doi.org/10.2514/2.3573>
- Brophy, J. (2011). The Dawn Ion Propulsion System. *Space Science Reviews*, 163 (1-4), 251–261. doi: <https://doi.org/10.1007/s11214-011-9848-y>
- Lee, E., Lee, H., Moon, Y., Kang, S., Kim, Y., Jeong, Y. et al. (2018). Development of Robust and Affordable Xenon Feed Unit for Hall Effect Propulsion Systems. *Space propulsion*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/325708264_Development_of_Robust_and_Affordable_Xenon_Feed_Unit_for_Hall_Effect_Propulsion_Systems
- Freidl, E., Müller, W. (2000). Development and Testing of Electronic Pressure Regulator (EPR) Assembly. *Spacecraft Propulsion, Third International Conference*. European Space Agency ESASP-465, 565–570. Available at: <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2000ESASP465.565F>
- Koizumi, H., Kawahara, H., Yaginuma, K., Asakawa, J., Nakagawa, Y., Nakamura, Y. et al. (2016). Initial Flight Operations of the Miniature Propulsion System Installed on Small Space Probe: PROCYON. *Transactions Of The Japan Society For Aeronautical And Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, 14 (ists30), Pb_13-Pb_22. doi: https://doi.org/10.2322/tastj.14.pb_13
- Koizumi, H., Komurasaki, K., Aoyama, J., Yamaguchi, K. (2018). Development and Flight Operation of a Miniature Ion Propulsion System. *Journal of Propulsion and Power*, 34 (4), 960–968. doi: <https://doi.org/10.2514/1.b36459>
- Dandaleix, L., Lopez, P., Lebeau, S., Harmann, H.-P., Dartsch, H., Berger, M. et al. (2022). Pioneering EP Fluidic Feed Systems from Constellation Success Stories. *37th International Electric Propulsion Conference, IEPC-2022-584*. Available at: <https://www.jotform.com/uploads/electricrocket/220994246997171/5313728572316527269/IEPC-2022-584.pdf>
- Koppel, C., Marchandise, F., Estublier, D., Jolivet, L. (2004). The Smart-1 Electric Propulsion Subsystem In Flight Experience. *40th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit*. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2004-3435>
- Gray, H., Bolter, J., Kempkens, K., Randall, P., Wallace, N. (2019). BepiColombo – The Mercury Transfer Module. *36th International Electric Propulsion Conference, IEPC-2019-606*. Available at: <https://electricrocket.org/2019/606.pdf>
- Duchemin, O., Leroi, V., Öberg, M., Méhauté, D., Vara R. P., Demairé, A. et al. (2013). Electric Propulsion Thruster Assembly for Small GEO: End-to-End Testing and Final Delivery. *33rd International Electric Propulsion Conference, IEPC-2013-222*. Available at: <https://electricrocket.org/IEPC/w04v72r5.pdf>
- Naclerio, S., Salvador, J. S., Such, E., Avezuela, R., Vara, R. P. (2012). Small GEO Xenon Propellant Supply Assembly Pressure Regulator Panel: Test Results and Comparison with Ecosimpro Predictions. *3rd edition of the International Conference on Space Propulsion, SP2012-2355255*. Available at: https://www.ecosimpro.com/wp-content/uploads/2015/02/SpacePropulsion2012_2355255.pdf
- Yurkov, B., Petrenko, O., Voronovskyi, D., Andrey, T. (2021). Test results of a high-speed solenoid valve for the electric propulsion feed system. *Journal of Rocket-Space Technology*, 29 (4), 72–80. doi: <https://doi.org/10.15421/452107>
- Holste, K., Dietz, P., Scharmann, S., Keil, K., Henning, T., Zschätzsch, D. et al. (2020). Ion thrusters for electric propulsion: Scientific issues developing a niche technology into a game changer. *Review of Scientific Instruments*, 91 (6), 061101. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0010134>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289931

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALCULATING STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE INPUT MATERIAL FLOW OF A TRANSPORT CONVEYOR (p. 87–96)

Oleh Pihnastyi

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5424-9843>

Dmytro Kudiy

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5435-0271>

The object of this study is the material flow incoming the conveyor. The actual problem of calculating the stochastic characteristics of the input material flow of a transport system, based on the typification of the input material flow, is being solved. When constructing a model of the input material flow, methods of similarity theory were used. A criterion has developed for dividing the realization of the input material flow into a deterministic and stochastic component, which makes it possible to represent the stochastic component of the input flow in the form of an realization of a centered ergodic process. A method is presented for calculating amplitude and phase frequency spectra for the components of the input material flow, based on specified types of theoretical correlation functions. The calculating accuracy of the normalized correlation function values is $\varepsilon=0.05$. Distinctive features of the obtained results are that the typification method of the input material flow is based on the use of the amplitude spectrum for the input material flow. A special feature of the results obtained is that a single realization of the input material flow was used to model the input material flow. The scope of application of the obtained results is the mining industry. The developed methodology for calculating the statistical characteristics of the input material flow allow to improve the accuracy of algorithms for optimal control of the flow parameters of the transport system for a mining enterprise. The condition for the practical application of the obtained results is the presence in the sections of the transport conveyor of measuring sensors that determine the speed of the belt and the amount of material in the bunker.

Keywords: transport conveyor, similarity criteria, statistical characteristics, correlation function, material flow typification.

References

- Siemens – innovative solutions for the mining industry. Available at: https://im-mining.com/advertiser_profile/siemens-innovative-solutions-mining-industry/
- Pihnastyi, O., Ivanovska, O. (2022). Improving the prediction quality for a multi-section transport conveyor model based on a neural network. *Proceedings of International Scientific Conference Information Technology and Implementation*, 3132, 24–38. Available at: http://ceur-ws.org/Vol-3132/Paper_3.pdf
- Bajda, M., Błażej, R., Jurdziak, L. (2019). Analysis of changes in the length of belt sections and the number of splices in the belt

- loops on conveyors in an underground mine. *Engineering Failure Analysis*, 101, 436–446. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eng-failanal.2019.04.003>
4. Koman, M., Laska, Z. (2014). The constructional solution of conveyor system for reverse and bifurcation of the ore flow, Rudna mine KGHM Polska Miedz SA. *CUPRUM*, 3 (72), 69–82.
 5. Pihnastyi, O., Khodusov, V. (2020). Development of the controlling speed algorithm of the conveyor belt based on TOU-tariffs. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems*, 2762, 73–86. Available at: <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/104681/>
 6. Halepoto, I. A., Shaikh, M. Z., Chowdhry, B. S., Uqaili, M. u hammad A. (2016). Design and Implementation of Intelligent Energy Efficient Conveyor System Model Based on Variable Speed Drive Control and Physical Modeling. *International Journal of Control and Automation*, 9 (6), 379–388. doi: <https://doi.org/10.14257/ijca.2016.9.6.36>
 7. He, D., Pang, Y., Lodewijks, G., Liu, X. (2018). Healthy speed control of belt conveyors on conveying bulk materials. *Powder Technology*, 327, 408–419. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.01.002>
 8. Korniienko, V. I., Matsiuk, S. M., Udovyyk, I. M. (2018). Adaptive optimal control system of ore large crushing process. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1, 159–165. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-1-18>
 9. Kiriia, R., Shyrin, L. (2019). Reducing the energy consumption of the conveyor transport system of mining enterprises. *E3S Web of Conferences*, 109, 00036. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900036>
 10. Pihnastyi, O., Kozhevnikov, G., Khodusov, V. (2020). Conveyor Model with Input and Output Accumulating Bunker. *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dessert50317.2020.9124996>
 11. Kawalec, W., Król, R. (2021). Generating of Electric Energy by a Declined Overburden Conveyor in a Continuous Surface Mine. *Energies*, 14 (13), 4030. doi: <https://doi.org/10.3390/en14134030>
 12. Curtis, A., Sarc, R. (2021). Real-time monitoring of volume flow, mass flow and shredder power consumption in mixed solid waste processing. *Waste Management*, 131, 41–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.024>
 13. Stadnik, N. (2012). Frequency-Controlled Electric Drive of Band Conveyors Based on Self-Ventilating Engines. *Scientific Bulletin of the Donetsk National Technical University*, 2, 226–232.
 14. Bhadani, K., Asbjörnsson, G., Hulthén, E., Hofling, K., Evertsson, M. (2021). Application of Optimization Method for Calibration and Maintenance of Power-Based Belt Scale. *Minerals*, 11 (4), 412. doi: <https://doi.org/10.3390/min11040412>
 15. Carvalho, R., Nascimento, R., D'Angelo, T., Delabrida, S., G. C. Bianchi, A., Oliveira, R. A. R. et al. (2020). A UAV-Based Framework for Semi-Automated Thermographic Inspection of Belt Conveyors in the Mining Industry. *Sensors*, 20 (8), 2243. doi: <https://doi.org/10.3390/s20082243>
 16. Vasić, M., Miloradović, N., Blagojević, M. (2021). Speed control of high power multiple drive belt conveyors. *IMK-14 - Istraživanje i Razvoj*, 27 (1), 9–15. doi: <https://doi.org/10.5937/imk2101009v>
 17. Pihnastyi, O., Burduk, A. (2022). Analysis of a Dataset for Modeling a Transport Conveyor. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022)*, 3309, 319–328. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3309/paper20.pdf>
 18. Pihnastyi, O. M. (2018). *Statistical theory of control systems of the flow production*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 436.
 19. Azarenkov, N., Pihnastyi, O., Khodusov, V. (2011). To the question of similarity of technological processes of production and technical systems. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 29–35.

DOI 10.15587/1729-4061.2023.287790

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (с. 6–22)

І. В. Закутинський, І. Є. Рабодзей, С. П. Бурмакін, О. О. Калішук, В. М. Небилця

Об'єктом даного дослідження є процес балансування навантаження в розподілених системах Інтернету речей на основі MQTT протоколу. В рамках даної роботи було розв'язано комплекс науково-технічних задач, пов'язаних з ефективним розподілом навантаження в системах Інтернету речей. Запропоновано покращену методику балансування навантаження, яка включає в себе методи та алгоритми балансування на основі багатопараметричного моніторингу стану завантаженості обчислювальних ресурсів. На основі запропонованих методів та алгоритмів розроблено вдосконалену архітектуру MQTT брокера.

Для оцінки рівномірності розподілу навантаження в системі Інтернету речей розроблено математичну модель, та введено відповідну характеристику – коефіцієнт рівномірності розподілу навантаження. З метою оцінки запропонованих методів, був проведений ряд експериментів, включаючи симуляцію розподіленої системи Інтернету речей з недетермінованим навантаженням. Головною метою цих експериментів була оцінка ефективності запропонованих методів, а також їх порівняння з вже існуючими.

Отримані результати експериментів підтвердили гіпотезу про підвищену ефективність розподілу навантаження за допомогою балансування на основі багатопараметричного моніторингу. Встановлено, що при застосуванні запропонованої методики, у разі недетермінованого навантаження в системі Інтернету речей, коефіцієнт розподілу навантаження в середньому перевищує аналогічний показник для існуючих методів на 70 %. Рівномірність розподілу навантаження залишалася практично незмінною протягом усього періоду експерименту, що є підтвердженням стабільної роботи системи в цілому. Отримані результати можуть бути корисні при розробці сучасних систем Інтернету речей.

Ключові слова: інтернет речей, балансування навантаження, хмарні обчислення, розподілені системи, оцінка продуктивності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289187

РОЗРОБКА РОЗШИРЕНОГО МЕТОДУ ДАМЕРАУ-ЛЕВЕНШТЕЙНА ДЛЯ ВИПРАВЛЕННЯ ОРФОГРАФІЧНИХ ПОМИЛОК У ТЕКСТАХ КАЗАХСЬКОЮ МОВОЮ (с. 23–33)

Nurzhan Mukazhanov, Zhibek Alibiyeva, Aigerim Yerimbetova, Aizhan Kassymova, Nursulu Alibiyeva

Представлена робота присвячена розробці методу виявлення та виправлення орфографічних помилок у текстах казахською мовою. У даній роботі об'єктом дослідження є методи більш точного виправлення орфографічних помилок у текстах казахською мовою. Метою дослідження є розробка розширеної версії методу Дамерау-Левенштейна для виправлення орфографічних помилок у текстах казахською мовою. Автоматичне виявлення та виправлення орфографічних помилок стало функцією за замовчуванням у сучасних текстових редакторах для роботи з текстовими даними, у додатках для обміну текстовими повідомленнями, таких як чат-боти, месенджери тощо. Однак, хоча це завдання добре вирішується в географічно поширених мовах, воно не вирішене повною мірою у мовах з невеликою аудиторією, таких як казахська мова. Розроблені до теперішнього часу методи не дозволяють виправити всі орфографічні помилки, що зустрічаються у текстах казахською мовою. Тому розглядається розробка методу зі специфічними алгоритмами виправлення орфографічних помилок у текстах казахською мовою. В результаті дослідницької роботи були розроблені алгоритми виправлення помилок, що зустрічаються у текстах казахською мовою, розроблені алгоритми були включені в метод Дамерау-Левенштейна. Результати експериментальних випробувань розширеного методу Дамерау-Левенштейна показали точність 97,2 % при виправленні специфічних помилок, що зустрічаються тільки в казахських словах, і 92,8 % при виправленні поширених помилок, пов'язаних з буквеними позначеннями. Результати випробувань стандартного методу Дамерау-Левенштейна показали точність 76,4 % при виправленні специфічних помилок, що зустрічаються тільки в казахських словах. Результати випробувань з виправлення поширених помилок у буквених позначеннях стандартним методом Дамерау-Левенштейна були приблизно такими ж, як і при використанні розширеного методу Дамерау-Левенштейна, точність склала 92,2 %. Ступінь та умови практичного застосування результатів реалізуються шляхом їх включення в текстові редактори, месенджери, електронну пошту та подібні додатки, що працюють з текстовими даними.

Ключові слова: NLP (обробка текстів природною мовою), алгоритм, текстові дані, ймовірність, орфографічна помилка, відстань редагування, подібність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288940

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТOTOЖНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЦИФРОВИХ КАДРАХ ЗА РАХУНОК ПРОЦЕДУРИ ПОВНОГО ОТOTOЖНЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ (с. 34–41)

С. В. Хламов, В. Є. Саваневич, В. П. Власенко, Т. О. Трунова, В. В. Троянський, Р. Ю. Герасименко, В. О. Шведун

Змінність умов зйомки впливає на якість зображень об'єктів Сонячної Системи на серії кадрів. Виконання ідентифікації кадру з відповідною ділянкою неба становиться скрутним при поганій якості. Через цей факт показники якості виявлення та оцінювання

положення об'єктів Сонячної Системи значно знижуються за допомогою вже відомих методів та міжнародних астрономічних каталогів. Для вирішення цієї проблеми було розроблено процедуру повного ототожнення вимірювань об'єктів на цифрових кадрах.

Ця процедура заснована на формуванні трійок (трикутників) первинного ототожнення з боку цифрового кадру та астрономічного каталогу. Були використані позиційні координати на кадрі та ідеальні тангенціальні координати з боку каталогу. Завдяки цьому було проведено зіставлення трійок первинного ототожнення за рахунок порівняння розрахованих кутів вершин трикутника. Тотожність гіпотези було визначено у порівнянні з допустимим відхиленням.

Використання розробленої процедури повного ототожнення дозволяє скоротити кількість помилкових виявлень та покращити ототожнення з опорними астрономічними об'єктами. Дослідження показало, що при ототожненні кадрів астрометрія дає кращу точність прив'язки до зоряного неба. Також середньоквадратичне відхилення помилок ототожнення кадрів у цьому випадку у 6–9 разів менше, ніж без застосування розробленої процедури.

Розроблена процедура повного ототожнення була практично апробована в рамках проекту CoLiTec. Вона була впроваджена у програмному забезпеченні Lemig для автоматизованого виявлення нових та супроводу відомих об'єктів. Завдяки використанню програмного забезпечення Lemig та впровадженій в нього запропонованій процедурі було успішно оброблено та ототожнено понад 700 000 вимірювань різних об'єктів, що досліджуються.

Ключові слова: обробка зображень, оцінка параметрів, ототожнення вимірювань, серія кадрів, формуляр каталогу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290129

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ КЛАСТЕРІВ НОРМАЛІЗОВАНИХ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ K-MEANS (с. 42–55)

Aigul Mimenbayeva, Samat Artykbayev, Raya Suleimenova, Gulnar Abdygalikova, Akgul Naizagarayeva, Aisulu Ismailova

Досліджено процес кластеризації нормалізованих вегетаційних індексів у п'яти районах із загальною площею 2565 гектарів Північно-Казахстанської області. Запропоновано методичний підхід до організації процесу кластеризації з використанням вегетаційних індексів NDVI, MSAVI, ReCI, NDWI та NDRE з урахуванням індивідуальних характеристик у трьох основних фазах розвитку ярої пшениці.

У результаті проведених досліджень вегетаційні індекси згруповано на 3 класи, з використанням методу кластеризації k-середніх. На першому кластері було скомпоновано вегетаційні індекси, максимальні значення яких займає близько 33.98 % від загальної площі досліджуваної області. Було виявлено, що розташовані на першому кластері NDVI_{max} позитивно корелюють із вегетаційними індексами з поправкою на ґрунт MSAVI та індикаторами вологості культури NDMI ($R^2=0.92$). Другий кластер характеризується з мінімальними значеннями коефіцієнтів NDVI_{max} і на фазах сходу, куціння та дозрівання (від 0.53 до 0.55). Найменші значення вегетаційних індексів займали 35.9 % у фазі сходу, 37.9 % у фазі куціння, 40,1 % поля від загальної площі. Третій кластер характеризується середніми значеннями вегетаційних індексів у всіх трьох фазах. Також було побудовано кореляційну матрицю для оцінки тісноти зв'язку між фактичною врожайністю та вегетаційними індексами NDVI. Максимальний коефіцієнт було отримано на фазі сходів, $R=0.94$ з мінімальним коефіцієнтом значущості $p=0.018$.

Застосований у цьому дослідженні підхід може бути корисним під час аналізу супутникових даних, оскільки дає змогу поліпшити чутливість процедури групування. З практичної точки зору, отримані результати дають змогу оцінювати стан сільськогосподарських культур у ранні терміни вегетації, що дає змогу покращити їхню продуктивність на основі отриманих результатів кластерного аналізу.

Ключові слова: NVDI, вегетаційний індекс, кластерний аналіз, алгоритм k-середніх, дані дистанційного зондування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289987

ПРАКТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІМ-ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ У ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА (с. 56–66)

Hasan Polat, Nabaz Mawlood Ali

Найбільшу частку в обсязі будівельного сектору займає житлове будівництво. Житло – це житлова площа, якою люди користуються постійно або тимчасово. Очікується, що житловий простір також матиме бажану якість. Якість вимагає будівництва відповідно до заданих умов і правил. Для мінімізації можливих помилок у процесі проектування та будівництва та досягнення бажаного рівня якості необхідний постійний науковий та інструментальний контроль. В останні роки зі швидким розвитком технологій були розроблені методи, які досягли хороших результатів за допомогою інтегрованої технології, яка почала замінювати контроль якості, що виконується традиційними методами. Це нове технологічне партнерство під назвою «Інформаційне моделювання будівель і лазерне сканування» описано в цьому дослідженні. Мета дослідження – показати, що людські помилки під час перевірки будівель можна мінімізувати за допомогою технологій. У дослідженні будівлю було вибрано із зразкового проекту громадського житла. Двомірні проекти будівлі були перетворені в тривимірні за допомогою інформаційного моделювання будівель. У поточному стані конструкції хмари точок були зняті за допомогою лазерного сканування. Хмари точок були перетворені в тривимірні. Дефекти конструкції були розраховані шляхом накладання BIM-моделі на реальні дані хмари точок. Після перевірки виявилось, що 2,2 % виробів є бракованими. Було встановлено, що 97,8 % продукції були в допустимих межах. Результати, отримані на зразку житлового будинку, демонструють важливість цих нових рішень для контролю якості та безпомилкового виробництва.

Ключові слова: інформаційне моделювання побудови, лазерне сканування, якість, контроль якості, будівництво, будинок.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288542

СИСТЕМА РОЗРОБКИ КООРДИНАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФАХІВЦІВ З ФОРМУВАННЯ МАШИННО-ТЕХНІЧНИХ СТАНДАРТІВ У СФЕРІ ВІЙСЬКОВО-КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ: ПРАКТИЧНИЙ ПРИКЛАД (с. 67–77)

Anar Utegenova, Akylbek Bapyshev, Zhanna Suimenbayeva, Alisher Aden, Tansaule Serikov, Ruslan Kassym

Стандартизація та технічне регулювання передбачає оцифрування міжнародних та регіональних стандартів у «розумні» стандарти, запроваджуючи нові вимоги до оформлення складних промислових інструкцій. Впровадження штучного інтелекту та машинного навчання в процес стандартизації, вдосконалення автоматизації процесів, аналізу даних дасть можливість створювати інноваційні стандарти. Створення машиночитаних стандартів та їх представлення у формі бази даних сприятиме кращій сумісності між системами.

У статті продемонстровано метод онтологічної інженерії для автоматизації часткової методологічної експертизи документів відповідно до Національного плану стандартизації.

У рамках експерименту було розроблено незалежний інструмент, заснований на вилученні якісних даних за допомогою неконтрольованого автоматичного алгоритму вилучення ключових слів. Алгоритм не потребує створення навчального корпусу, може бути застосований до будь-якого тексту та мови та не має обмежень щодо кількості оброблюваних даних. Алгоритм передбачає налаштування параметрів повторення ключових слів, з можливістю врахування менш важливих ключових слів.

У роботі представлені наступні компоненти: типові стандарти класифікації, модуль вилучення суті, категоризація, формування тезауруса, моніторинг та аналіз. Розрахунки проводились за допомогою формалізації, визначення цільової функції, встановлення мір подібності та опису ознак документа. У роботі представлено теоретичний аспект застосування, проектування та опису функціональної системи.

Ключові слова: смарт-стандарт, розробка стандарту, ідентифікаційні ключові слова, гармонізований стандарт, національний стандарт.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.287007

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ НАПОВНЕННЯ РЕСИВЕРА СИСТЕМИ ПОДАЧІ РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ ЕЛЕКТРОРЕАКТИВНОЇ ДВИГУННОЇ УСТАНОВКИ (с. 78–86)

Б. В. Юрков, С. Ю. Асмоловський, В. О. Перерва, Д. К. Вороновський, С. М. Кулагін

Об'єктом дослідження даної роботи є стрибки тиску у ресивері системи подачі робочої речовини для електрореактивної двигунної установки. Наявність суттєвих стрибків тиску у ресивері системи подачі викликає зміну масової витрати і відповідно істотне погіршення параметрів двигуна – тяги, величини питомого імпульсу та коефіцієнта корисної дії. Проблема, яка вирішувалась в даній роботі, полягає у пошуку шляхів зменшення стрибків тиску при мінімізації об'єму ресивера без використання додаткових елементів. Аналіз літературних джерел показав, що зазначена проблема є типовою і досі не вирішена для ресиверів малого об'єму. Для вирішення зазначеної проблеми було проведено теоретичне і експериментальне визначення стрибків тиску, які виникають при роботі по зворотному зв'язку від датчиків тиску, та запропоновано удосконалену методику наповнення ресивера. В результаті досліджень було визначено, що стрибки тиску, які виходять за допустимий діапазон ($\pm 3\%$), з'являються при тиску 3,5 МПа на вході в систему подачі і зростають зі збільшенням вхідного тиску. В результаті досліджень було з'ясовано, що для вхідного тиску до 3 МПа є доцільним робота по зворотному зв'язку від датчиків тиску. Для значень тиску від 3 до 6 МПа необхідно використовувати отриману експериментальним шляхом формулу для визначення часу наповнення ресивера. Для тиску більше 6 МПа необхідно працювати у режимі bang-bang. Дослідження дозволили визначити оптимальні режими наповнення ресивера, що дозволяють використовувати ресивер малого об'єму з мінімізацією кількості спрацьовувань клапанів, при яких підтримується стабільна робота двигуна. Висновки, отримані за результатами досліджень, можуть бути корисними для більшості розробників систем подачі електрореактивних двигунних установок.

Ключові слова: режими роботи системи подачі, стрибки тиску, методика наповнення ресивера, bang-bang, зворотній зв'язок від датчиків тиску.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289931

РОЗРОБКА МЕТОДА РОЗРАХУНКУ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВХІДНОГО ПОТОКУ МАТЕРІАЛУ ТРАНСПОРТНОГО КОНВЕЄРА (с. 87–96)

О. М. Пігнастий, Д. А. Кудій

Об'єктом цього дослідження виступає потік матеріалу, що надходить на вхід транспортного конвеєра. Вирішується актуальна проблема розрахунку стохастичних характеристик вхідного потоку матеріалу транспортної системи, що базується на типізації вхідного потоку матеріалу. Під час побудови моделі вхідного потоку матеріалу використано методи теорії подібності. Реалізація для вхідного потоку матеріалу представлена суперпозицією детермінованої та стохастичної складової вхідного потоку матеріалу. Розроблено критерій поділу реалізації вхідного потоку матеріалу на детерміновану та стохастичну складову, що дозволяє уявити стохастичну складову вхідного потоку у вигляді реалізації центрованого ергодичного потоку матеріалу. Наведено методи розрахунку амплітудних

та фазових частотних спектрів для складових вхідного потоку матеріалу, засновані на заданих типах теоретичної функції кореляції. Точність розрахунку значень нормованої функції кореляції становить ~ 0.05 .

Відмінними рисами отриманих результатів є те, що метод типізації вхідного потоку матеріалу ґрунтується на використанні амплітудного спектра для вхідного потоку матеріалу. Особливістю отриманих результатів слід назвати те, що для моделювання вхідного потоку матеріалу використано єдину реалізацію вхідного потоку матеріалу.

Сферою застосування одержаних результатів є гірничодобувна промисловість. Розроблена методика розрахунку статистичних характеристик вхідного потоку матеріалу дозволить підвищити точність алгоритмів оптимального керування потоковими параметрами транспортної системи гірничодобувного підприємства. Умовою практичного використання отриманих результатів є наявність у секціях транспортного конвеєра вимірювальних датчиків, що визначають швидкість стрічки та кількість матеріалу в бункерах, що акумулюють.

Ключові слова: транспортний конвеєр, критерії подібності, статистичні характеристики, функція кореляції, типізація потоку матеріалу.