

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.237359

**DEVISING A CONCEPTUAL METHOD FOR GENERATING CRYPTOCOMPRESSION CODOGRAMS OF IMAGES WITHOUT LOSS OF INFORMATION QUALITY (p. 6–17)**

**Vladimir Barannik**

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

**Serhii Sidchenko**

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-6263>

**Dmitriy Barannik**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7074-9864>

**Sergii Shulgin**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5174-290X>

**Valeriy Barannik**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3516-5553>

**Anton Datsun**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4082-4739>

Along with the widespread use of digital images, an urgent scientific and applied issue arose regarding the need to reduce the volume of video information provided it is confidential and reliable. To resolve this issue, cryptocompression coding methods could be used. However, there is no method that summarizes all processing steps. This paper reports the development of a conceptual method for the cryptocompression coding of images on a differentiated basis without loss of information quality. It involves a three-stage technology for the generation of cryptocompression codograms. The first two cascades provide for the generation of code structures for information components while ensuring their confidentiality and key elements as a service component. On the third cascade of processing, it is proposed to manage the confidentiality of the service component. The code values for the information components of nondeterministic length are derived out on the basis of a non-deterministic number of elements of the source video data in a reduced dynamic range. The generation of service data is proposed to be organized in blocks of initial images with a dimension of  $16 \times 16$  elements. The method ensures a decrease in the volume of source images during the generation of cryptocompression codograms, by 1.14–1.58 times (12–37 %), depending on the degree of their saturation. This is 12.7–23.4 % better than TIFF technology and is 9.6–17.9 % better than PNG technology. The volume of the service component of cryptocompression codograms is 1.563 % of the volume of the source video data or no more than 2.5 % of the total code stream. That reduces the amount of data for encryption by up to 40 times compared to TIFF and PNG technologies. The devised method does not introduce errors into the data in the coding process and refers to methods without loss of information quality.

**Keywords:** cryptocompression, coding, information protection, floating scheme, differentiated basis, service component.

## References

- Barannik, V., Sidchenko, S., Barannik, N., Barannik, V. (2021). Development of the method for encoding service data in cryptocompression image representation systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 103–115. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235521>
- Sharma, R., Bollavarapu, S. (2015). Data Security using Compression and Cryptography Techniques. *International Journal of Computer Applications*, 117 (14), 15–18. doi: <https://doi.org/10.5120/20621-3342>
- Jasuja, B., Pandya, A. (2015). Crypto-Compression System: An Integrated Approach using Stream Cipher Cryptography and Entropy Encoding. *International Journal of Computer Applications*, 116 (21), 34–41. doi: <https://doi.org/10.5120/20463-2831>
- Gonzalez, R., Woods, R. (2018). *Digital Image Processing*. Pearson, 1168.
- Announcing the Advanced Encryption Standard (AES). Federal Information Processing Standards Publication 197 (2001). NIST, 51. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf>
- Rivest, R. L., Shamir, A., Adleman, L. (1978). A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*, 21 (2), 120–126. doi: <https://doi.org/10.1145/359340.359342>
- Wallace, G. K. (1991). The JPEG still picture compression standard. *Communications of the ACM*, 34 (4), 30–44. doi: <https://doi.org/10.1145/103085.103089>
- ISO/IEC 15444-1:2019. Information technology – JPEG 2000 image coding system – Part 1: Core coding system. Available at: <https://www.iso.org/standard/78321.html>
- Ramakrishnan, M. (Ed.) (2019). *Cryptographic and Information Security. Approaches for Images and Videos*. CRC Press, 986. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429435461>
- Kurihara, K., Shiota, S., Kiya, H. (2015). An encryption-then-compression system for JPEG standard. 2015 Picture Coding Symposium (PCS). doi: <https://doi.org/10.1109/pcs.2015.7170059>
- Naor, M., Shamir, A. (1995). Visual cryptography. *Lecture Notes in Computer Science*, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1007/bfb0053419>
- Chen, C.-C., Wu, W.-J. (2014). A secure Boolean-based multi-secret image sharing scheme. *Journal of Systems and Software*, 92, 107–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.01.001>
- Dufaux, F., Ebrahimi, T. (2006). Toward a secure JPEG. *Applications of Digital Image Processing XXIX*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.686963>
- Yuan, L., Korshunov, P., Ebrahimi, T. (2015). Secure JPEG scrambling enabling privacy in photo sharing. 2015 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG). doi: <https://doi.org/10.1109/fg.2015.7285022>
- ISO/IEC 15444-8:2007. Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000 – Part 8. Available at: <https://www.iso.org/standard/37382.html>
- Alimpiev, A. N., Barannik, V. V., Sidchenko, S. A. (2017). The method of cryptocompression presentation of videoinformation resources in a generalized structurally positioned space. *Telecommunications and Radio Engineering*, 76 (6), 521–534. doi: <https://doi.org/10.1615/telecomradeng.v76.i6.60>
- Barannik, V., Sidchenko, S., Barannik, D. (2020). Technology for Protecting Video Information Resources in the Info-Communication Space. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced

Trends in Information Theory (ATIT). Kyiv, 29–33. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349324>

18. DSTU 7624:2014. Informatsiyini tekhnolohiyi. Kryptohrafichnyi zakhyst informatsiyi. Alhorytm symetrychnoho blokovoho peretvorennia (2014). Kyiv, 39.
19. DSTU HOST 28147:2009. Systema obrobky informatsiyi. Zakhyst kryptohrafichnyi. Alhorytm kryptohrafichnoho peretvorennia (HOST 28147-89) (2008). Kyiv, 20.
20. Barannik, V., Sidchenko, S., Barannik, N., Khimenko, A. (2021). The method of masking overhead compaction in video compression systems. *Radioelectronic and computer systems*, 2, 51–63. doi: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.2.05>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239084

## DEVISING AN IMAGE PROCESSING METHOD FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE MONITORING SYSTEMS (p. 18–25)

**Oleksandr Volkov**

International Research and Training Center  
for Information Technologies and Systems  
of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine  
and Ministry of Education and Science (MES) of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5418-6723>

**Mykola Komar**

International Research and Training Center  
for Information Technologies and Systems  
of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine  
and Ministry of Education and Science (MES) of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9194-2850>

**Dmytro Volosheniuk**

International Research and Training Center  
for Information Technologies and Systems  
of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine  
and Ministry of Education and Science (MES) of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3793-7801>

Identifying and categorizing contours in images is important in many areas of computer vision. Examples include such operational tasks solved by using unmanned aerial vehicles as dynamic monitoring of the condition of transport infrastructure, in particular road markings.

This study has established that current methods of image contour analysis do not produce clear and reliable results when solving the task of monitoring the state of road markings. Therefore, it is a relevant scientific and applied task to improve the methods and models of filtration, processing of binary images, and qualitative and meaningful separation of the boundaries of objects of interest.

To solve the task of highlighting road marking contours on images acquired from an unmanned aerial vehicle, a method has been devised that includes an operational tool for image preprocessing – a combined filter. The method has several advantages and eliminates the limitations of known methods in determining the boundaries of the location of the object of interest, by highlighting the contours of a cluster of points using histograms.

The method and procedures reported here make it possible to successfully solve problems that are largely similar to those that an expert person can face when solving intelligent tasks of processing and filtering information.

The proposed method was verified at an enterprise producing the Ukrainian unmanned aerial vehicle “Spectator” during tests of

information technology of dynamic monitoring of the state of transport infrastructure.

The results could be implemented in promising intelligent control systems in the field of modeling human conscious behavior when sorting data required for the perception of environmental features.

**Keywords:** computer vision, contour detection, filtration, Sobel operator, Hough transform, Laplace operator.

## References

1. Kozub, A. N., Suvorova, N. A., Chernjavskiy, V. N. (2011). Analysis of the means of gathering information for geographic information systems. *Systemy ozbroiennia i viyskova tekhnika*, 3 (27), 42–47. Available at: [http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/1876/soivt\\_2011\\_3\\_12.pdf](http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/1876/soivt_2011_3_12.pdf)
2. Berezina, S. I., Blinichkin, K. V. (2014). Automation of data rejection process obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs). *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy*, 1 (14), 82–89. Available at: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Nitps\\_2014\\_1\\_20.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Nitps_2014_1_20.pdf)
3. Weiss, M., Baret, F. (2017). Using 3D Point Clouds Derived from UAV RGB Imagery to Describe Vineyard 3D Macro-Structure. *Remote Sensing*, 9 (2), 111. doi: <https://doi.org/10.3390/rs9020111>
4. Li, C., Miller, J., Wang, J., Koley, S. S., Katz, J. (2017). Size Distribution and Dispersion of Droplets Generated by Impingement of Breaking Waves on Oil Slicks. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122 (10), 7938–7957. doi: <https://doi.org/10.1002/2017jc013193>
5. Gritsenko, V., Volkov, O., Bogachuk, Y., Gospodarchuk, O., Komar, M., Shepetukha, Y., Volosheniuk, D. (2020). Intellectual Control, Localization and Mapping in Geographic Information Systems Based on Analysis of Visual Data. *Cybernetics and Computer Engineering*, 2020 (2 (200)), 41–58. doi: <https://doi.org/10.15407/kvt200.02.041>
6. Volkov, O., Bogachuk, Yu., Komar, M., Voloshenyuk, D. (2020). Two-level technology of intelligent application of on-board video camera of unmanned aerial vehicle for monitoring of geospatial data. *Science-Based Technologies*, 47 (3), 329–341. doi: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.47.14873>
7. Barrile, V., Meduri, G. M., Critelli, M., Bilotta, G. (2017). MMS and GIS for Self-driving Car and Road Management. *Lecture Notes in Computer Science*, 68–80. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62401-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62401-3_6)
8. Liu, W., Zhang, Z., Li, S., Tao, D. (2017). Road Detection by Using a Generalized Hough Transform. *Remote Sensing*, 9 (6), 590. doi: <https://doi.org/10.3390/rs9060590>
9. Mukhopadhyay, P., Chaudhuri, B. B. (2015). A survey of Hough Transform. *Pattern Recognition*, 48 (3), 993–1010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2014.08.027>
10. Marzougui, M., Alasiry, A., Kortli, Y., Baili, J. (2020). A Lane Tracking Method Based on Progressive Probabilistic Hough Transform. *IEEE Access*, 8, 84893–84905. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2991930>
11. Mammeri, A., Boukerche, A., Tang, Z. (2016). A real-time lane marking localization, tracking and communication system. *Computer Communications*, 73, 132–143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2015.08.010>
12. Yan, X., Li, Y. (2017). A method of lane edge detection based on Canny algorithm. 2017 Chinese Automation Congress (CAC). doi: <https://doi.org/10.1109/cac.2017.8243122>
13. Lee, C., Moon, J.-H. (2018). Robust Lane Detection and Tracking for Real-Time Applications. *IEEE Transactions on Intelligent Transport*

- tation Systems, 19 (12), 4043–4048. doi: <https://doi.org/10.1109/tits.2018.2791572>
14. Bouganssa, I., Sbihi, M., Zaim, M. (2019). Laplacian Edge Detection Algorithm for Road Signal Images and FPGA Implementation. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 9 (1), 57–61. doi: <https://doi.org/10.18178/ijmlc.2019.9.1.765>
  15. AbdelAty, A. M., Elwakil, A. S., Radwan, A. G., Psychalinos, C., Maundy, B. J. (2018). Approximation of the Fractional-Order Laplacian as a Weighted Sum of First-Order High-Pass Filters. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 65 (8), 1114–1118. doi: <https://doi.org/10.1109/tcsii.2018.2808949>
  16. Chaple, G. N., Daruwala, R. D., Gofane, M. S. (2015). Comparisons of Robert, Prewitt, Sobel operator based edge detection methods for real time uses on FPGA. *2015 International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD)*. doi: <https://doi.org/10.1109/ictsd.2015.7095920>
  17. Ozgunalp, U. (2017). Combination of the symmetrical local threshold and the sobel edge detector for lane feature extraction. *2017 9th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*. doi: <https://doi.org/10.1109/cicn.2017.8319349>
  18. Dinakaran, K., Stephen Sagayaraj, A., Kabilesh, S. K., Mani, T., Anandkumar, A., Chandrasekaran, G. (2021). Advanced lane detection technique for structural highway based on computer vision algorithm. *Materials Today: Proceedings*, 45, 2073–2081. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.605>
  19. Feng, Y., Rong-ben, W., Rong-hui, Z. (2008). Research on Road Recognition Algorithm Based on Structure Environment for ITS. *2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*. doi: <https://doi.org/10.1109/cccm.2008.362>
  20. Syniavskiy, V. (2019). Analysis of image segmentation methods. *Materialy VII naukovo-tehnichnoi konferentsiyi «Informatsiyini modeli, systemy ta tekhnolohiyi»*. Ternopil, 171. Available at: [http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/30369/2/IMST\\_2019\\_Syniavskiy\\_V-Analysis\\_of\\_image\\_segmentation\\_171.pdf](http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/30369/2/IMST_2019_Syniavskiy_V-Analysis_of_image_segmentation_171.pdf)
  21. Danyk, Y., Protchenko, M. (2013). Choice of color model for the digital processing of images in unmanned aircraft system. *Visnyk ZhDTU*, 2 (65), 43–49. Available at: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2602/8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  22. Roushdy, M. (2006). Comparative study of edge detection algorithms applying on the grayscale noisy image using morphological filter. *GVIP Journal*, 6 (4), 17–23. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/229014057\\_Comparative\\_study\\_of\\_edge\\_detection\\_algorithms\\_applying\\_on\\_the\\_grayscale\\_noisy\\_image\\_using\\_morphological\\_filter](https://www.researchgate.net/publication/229014057_Comparative_study_of_edge_detection_algorithms_applying_on_the_grayscale_noisy_image_using_morphological_filter)
  23. Muthalagu, R., Bolimera, A., Kalaichelvi, V. (2020). Lane detection technique based on perspective transformation and histogram analysis for self-driving cars. *Computers & Electrical Engineering*, 85, 106653. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106653>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238528

#### DEVELOPMENT OF HEART ATTACK PREDICTION MODEL BASED ON ENSEMBLE LEARNING (p. 26–35)

Omar Shakir Hasan

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2509-1178>

Ibrahim Ahmed Saleh

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4380-8136>

With the advent of the data age, the continuous improvement and widespread application of medical information systems have led to an exponential growth of biomedical data, such as medical imaging, electronic medical records, biometric tags, and clinical records that have potential and essential research value. However, medical research based on statistical methods is limited by the class and size of the research community, so it cannot effectively perform data mining for large-scale medical information. At the same time, supervised machine learning techniques can effectively solve this problem. Heart attack is one of the most common diseases and one of the leading causes of death, so finding a system that can accurately and reliably predict early diagnosis is an essential and influential step in treating such diseases. Researchers have used various data mining and machine learning techniques to analyze medical data, helping professionals predict heart disease. This paper presents various features related to heart disease, and the model is based on ensemble learning. The proposed system involves preprocessing data, selecting attributes, and then using logistic regression algorithms as meta-classifiers to build the ensemble learning model. Furthermore, using machine learning algorithms (Support Vector Machines, Decision Tree, Random Forest, Extreme Gradient Boosting) for prediction on the Framingham Heart Study dataset and compared with the proposed methodology. The results show that the feasibility and effectiveness of the proposed prediction method based on group learning provide accuracy for medical recommendations and better accuracy than the single traditional machine learning algorithm.

**Keywords:** heart attack prediction, machine learning, ensemble learning, stacking ensemble technique.

#### References

1. Waqar, M., Dawood, H., Dawood, H., Majeed, N., Banjar, A., Alharbey, R. (2021). An Efficient SMOTE-Based Deep Learning Model for Heart Attack Prediction. *Scientific Programming*, 2021, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6621622>
2. Muhammad, Y., Tahir, M., Hayat, M., Chong, K. T. (2020). Early and accurate detection and diagnosis of heart disease using intelligent computational model. *Scientific Reports*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76635-9>
3. Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M. et. al. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019: Update From the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76 (25), 2982–3021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
4. Ramdurai, B. (2020). How AI (Artificial Intelligence) can improve Patient Experience in OPD (Out-Patient Dept.). doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23267.17440>
5. Keya, M. S., Shamsojjaman, M., Hossain, F., Akter, F., Islam, F., Emon, M. U. (2021). Measuring the Heart Attack Possibility using Different Types of Machine Learning Algorithms. *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icaais50930.2021.9395846>
6. Rincy, T. N., Gupta, R. (2020). Ensemble Learning Techniques and its Efficiency in Machine Learning: A Survey. *2nd International Conference on Data, Engineering and Applications (IDEA)*. doi: <https://doi.org/10.1109/idea49133.2020.9170675>
7. Virani, S. S., Alonso, A., Aparicio, H. J., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S. et. al. (2021). Heart Disease and Stroke Statistics – 2021 Update. *Circulation*, 143 (8). doi: <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000950>
8. Nurmamadovna, I. N. (2021). Coronary Heart Disease. *The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research*,

- 03 (02), 31–36. doi: <https://doi.org/10.37547/tajmspr/volume03issue02-04>
9. Dash, S., Shakyawar, S. K., Sharma, M., Kaushik, S. (2019). Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *Journal of Big Data*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>
  10. Saw, M., Saxena, T., Kaithwas, S., Yadav, R., Lal, N. (2020). Estimation of Prediction for Getting Heart Disease Using Logistic Regression Model of Machine Learning. 2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI). doi: <https://doi.org/10.1109/iccci48352.2020.9104210>
  11. Yekkala, I., Dixit, S. (2018). Prediction of Heart Disease Using Random Forest and Rough Set Based Feature Selection. *International Journal of Big Data and Analytics in Healthcare*, 3 (1), 1–12. doi: <https://doi.org/10.4018/ijbdah.2018010101>
  12. Shah, D., Patel, S., Bharti, S. K. (2020). Heart Disease Prediction using Machine Learning Techniques. *SN Computer Science*, 1 (6). doi: <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00365-y>
  13. Kamboj, M. (2019). Heart Disease Prediction with Machine Learning Approaches. *International Journal of Science and Research*, 9 (7), 1454–1458. Available at: [https://www.ijsr.net/get\\_count.php?paper\\_id=SR20724113128](https://www.ijsr.net/get_count.php?paper_id=SR20724113128)
  14. Bindhika, G. S. S., Meghana, M., Reddy, M. S., Rajalakshmi (2020). Heart Disease Prediction Using Machine Learning Techniques. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 07 (04), 5272–5276. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/344557562\\_Heart\\_Disease\\_Prediction\\_Using\\_Machine\\_Learning\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/344557562_Heart_Disease_Prediction_Using_Machine_Learning_Techniques)
  15. Kim, J. K., Kang, S. (2017). Neural Network-Based Coronary Heart Disease Risk Prediction Using Feature Correlation Analysis. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/2780501>
  16. Kasbe, T., Pippal, R. S. (2017). Design of heart disease diagnosis system using fuzzy logic. 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS). doi: <https://doi.org/10.1109/icecde.2017.8390044>
  17. Salhi, D. E., Tari, A., Kechadi, M.-T. (2021). Using Machine Learning for Heart Disease Prediction. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 70–81. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69418-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69418-0_7)
  18. Kshirsagar, P. (2020). ECG Signal Analysis and Prediction of Heart Attack with the Help of Optimized Neural Network. *Alochana Chakra Journal*, IX (IV), 497–506. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/340599087>
  19. Malavika, G., Rajathi, N., Vanitha, V., Parameswari, P. (2020). Heart Disease Prediction Using Machine Learning Algorithms. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13 (11), 24–27. doi: <https://doi.org/10.21786/bbrc/13.11/6>
  20. Lee, W.-M. (2019). Supervised Learning-Classification Using K-Nearest Neighbors (KNN). *Python@ Machine Learning*, 205–220. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119557500.ch9>
  21. Lin, A., Wu, Q., Heidari, A. A., Xu, Y., Chen, H., Geng, W. et al. (2019). Predicting Intentions of Students for Master Programs Using a Chaos-Induced Sine Cosine-Based Fuzzy K-Nearest Neighbor Classifier. *IEEE Access*, 7, 67235–67248. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2918026>
  22. Jiang, L., Cai, Z., Wang, D., Jiang, S. (2007). Survey of Improving K-Nearest-Neighbor for Classification. *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007)*. doi: <https://doi.org/10.1109/fskd.2007.552>
  23. García, V., Mollineda, R. A., Sánchez, J. S. (2007). On the k-NN performance in a challenging scenario of imbalance and overlapping. *Pattern Analysis and Applications*, 11 (3-4), 269–280. doi: <https://doi.org/10.1007/s10044-007-0087-5>
  24. Khateeb, N., Usman, M. (2017). Efficient Heart Disease Prediction System using K-Nearest Neighbor Classification Technique. *Proceedings of the International Conference on Big Data and Internet of Thing-BDIOT2017*. doi: <https://doi.org/10.1145/3175684.3175703>
  25. Hasija, Y., Chakraborty, R. (2021). Logistic Regression. *Hands-On Data Science for Biologists Using Python*, 183–196. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003090113-9-9>
  26. Roback, P., Legler, J. (2021). Logistic Regression. *Beyond Multiple Linear Regression*, 151–192. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429066665-6>
  27. Imamovic, D., Babovic, E., Bijedic, N. (2020). Prediction of mortality in patients with cardiovascular disease using data mining methods. 2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH). doi: <https://doi.org/10.1109/infoteh48170.2020.9066297>
  28. Casarin, R., Facchinetti, A., Sorice, D., Tonellato, S. (2021). Decision trees and random forests\*. *The Essentials of Machine Learning in Finance and Accounting*, 7–36. doi: <https://doi.org/10.4324/9781003037903-2>
  29. Singh, Y. K., Sinha, N., Singh, S. K. (2017). Heart Disease Prediction System Using Random Forest. *Advances in Computing and Data Sciences*, 613–623. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5427-3\\_63](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5427-3_63)
  30. Santhi, P., Ajay, R., Harshini, D., Jamuna Sri, S. S. (2021). A Survey on Heart Attack Prediction Using Machine Learning. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12 (2). doi: <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i2.1955>
  31. Frery, J. (2019). Ensemble Learning for Extremely Imbalanced Data Flows. HAL. Available at: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02899943/document>
  32. Pathak, S., Mishra, I., Swetapadma, A. (2018). An Assessment of Decision Tree based Classification and Regression Algorithms. 2018 3rd International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT). doi: <https://doi.org/10.1109/iciict43934.2018.9034296>
  33. Kocarık Gacar, B., Deveci Kocakoç, İ. (2020). Regression Analyses or Decision Trees? *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (4), 251–260. doi: <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.796172>
  34. Larose, D. T., Larose, C. D. (2014). *Decision Trees. Discovering Knowledge in Data*, 165–186. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118874059.ch8>
  35. Hasija, Y., Chakraborty, R. (2021). Decision Trees and Random Forests. *Hands-On Data Science for Biologists Using Python*, 209–217. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003090113-11-11>
  36. Thomas, T., Vijayaraghavan, A. P., Emmanuel, S. (2020). Applications of Decision Trees. *Machine Learning Approaches in Cyber Security Analytics*, 157–184. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1706-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1706-8_9)
  37. Larose, C. D., Larose, D. T. (2019). Decision trees. *Data Science Using Python and R*, 81–96. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119526865.ch6>
  38. Suthaharan, S. (2016). Decision Tree Learning. *Integrated Series in Information Systems*, 237–269. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7641-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7641-3_10)
  39. Mrva, J., Neupauer, S., Hudec, L., Sevcech, J., Kapec, P. (2019). Decision Support in Medical Data Using 3D Decision Tree Visualisation. 2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB). doi: <https://doi.org/10.1109/ehb47216.2019.8969926>
  40. Alsaleem, M. Y. A., Hasoon, S. O. (2020). Comparison of DT& GB-DT algorithms for predictive modeling of currency exchange rates. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 56–61. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001132>
  41. Perros, H. G. (2021). Support Vector Machines. *An Introduction to IoT Analytics*, 279–302. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003139041-11>
  42. Nalepa, J., Kawulok, M. (2018). Selecting training sets for support vector machines: a review. *Artificial Intelligence Review*, 52 (2), 857–900. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-017-9611-1>



43. Vamshi Kumar, S., Rajinikanth, T. V., Viswanadha Raju, S. (2021). Heart Attack Classification Using SVM with LDA and PCA Linear Transformation Techniques. *Algorithms for Intelligent Systems*, 99–112. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4046-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4046-6_10)
44. Kaestner, C. A. A. (2013). Support Vector Machines and Kernel Functions for Text Processing. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 20 (3), 130. doi: <https://doi.org/10.22456/2175-2745.39702>
45. Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness & correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2 (1), 37–63. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/276412348\\_Evaluation\\_From\\_precision\\_recall\\_and\\_F-measure\\_to\\_ROC\\_informedness\\_markedness\\_correlation](https://www.researchgate.net/publication/276412348_Evaluation_From_precision_recall_and_F-measure_to_ROC_informedness_markedness_correlation)
46. Alsaleem, M., Hasoon, S. (2020). Predicting Bank Loan Risks Using Machine Learning Algorithms. *AL-Rafidain Journal of Computer Sciences and Mathematics*, 14 (1), 159–168. doi: <https://doi.org/10.33899/csmj.2020.164686>
47. Gupta, A., Tatbul, N., Marcus, R., Zhou, S., Lee, I., Gottschlich, J. (2020). Class-Weighted Evaluation Metrics for Imbalanced Data Classification. *arXiv.org*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/2010.05995.pdf>
48. Cutler, J., Dickenson, M. (2020). Introduction to Machine Learning with Python. Computational Frameworks for Political and Social Research with Python, 129–142. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36826-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36826-5_10)
49. Gneiting, T., Vogel, P. (2018). Receiver Operating Characteristic (ROC) Curves. *arXiv.org*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1809.04808.pdf>
50. Piegorsch, W. W. (2020). Confusion Matrix. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1–4. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat08244>
51. Vasudev, R. A., Anitha, B., Manikandan, G., Karthikeyan, B., Ravi, L., Subramaniaswamy, V. (2020). Heart disease prediction using stacked ensemble technique. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39 (6), 8249–8257. doi: <https://doi.org/10.3233/jifs-189145>
52. Ravi, S., Sambath, D. M., Thangakumar, D. J., Kumar, D., Naveen, G., Bramiah, M. (2021). Prediction of Heart Disease Using Machine Learning Algorithms. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36 (1), 260–264. doi: <https://doi.org/10.47059/alinteri/v36i1/ajas21039>
53. Zhang, Y., Diao, L., Ma, L. (2021). Logistic Regression Models in Predicting Heart Disease. *Journal of Physics: Conference Series*, 1769, 012024. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1769/1/012024>
54. Yadav, K. K., Sharma, A., Badholia, A. (2021). Heart disease prediction using machine learning techniques. *Information technology in industry*, 9 (1), 207–214. doi: <https://doi.org/10.17762/itii.v9i1.120>
55. Glienke, J. S. (2020). Life and death: Quantifying the risk of heart disease with machine learning. *Honors Program Theses*, 415. Available at: <https://scholarworks.uni.edu/hpt/415>
56. Latifah, F. A., Slamet, I., Sugiyanto (2020). Comparison of heart disease classification with logistic regression algorithm and random forest algorithm. *International Conference on Science and Applied Science (ICSAS2020)*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0030579>
57. Mienye, I. D., Sun, Y., Wang, Z. (2020). Improved sparse autoencoder based artificial neural network approach for prediction of heart disease. *Informatics in Medicine Unlocked*, 18, 100307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100307>
58. Chauhan, Y. J. (2020). Cardiovascular Disease Prediction using Classification Algorithms of Machine Learning. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9 (5), 194–200. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/341235098>
59. Kuruvilla, A. M., Balaji, N. V. (2021). Heart disease prediction system using Correlation Based Feature Selection with Multilayer Perceptron approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1085 (1), 012028. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1085/1/012028>
60. Zaker, N. A., Alsaleem, N., Kashmoola, M. A. (2018). Multi-agent Models Solution to Achieve EMC In Wireless Telecommunication Systems. 2018 1st Annual International Conference on Information and Sciences (AiCIS). doi: <https://doi.org/10.1109/aicis.2018.00061>
61. Kashmoola, M. A., Alsaleem, M. Y. anad, Alsaleem, N. Y. A., Moskalets, M. (2019). Model of dynamics of the grouping states of radio electronic means in the problems of ensuring electromagnetic compatibility. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (102)), 12–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188976>
62. Ahmed, M. K., Aziz, S. F., Alsaleem, N. Y. A., Sielivanov, K., Moskalets, M. (2020). Method for determining the responses from a non-linear system using the Volterra series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (106)), 34–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210754>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239288

**METHODS AND TOOLS OF FORMATION OF GENERAL INDEXES FOR AUTOMATION OF DEVICES IN REHABILITATIVE MEDICINE FOR POST-STROKE PATIENTS (p. 35–46)**

**Alexandr Trunov**

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8524-7840>

**Volodymyr Beglytsia**

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8994-4600>

**Gennady Gryshchenko**

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5557-2191>

**Viktor Ziuzin**

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3722-613X>

**Vitalii Koshoviy**

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9592-7439>

The current processes of recovery of post-infarction and post-stroke patients in the context of the establishment of the institution of family doctors and insurance medicine are considered. It was proposed to introduce modules for automation of recovery devices (MARD) to ensure procedures, quality of life and reduce labor costs during the period of long-term recovery. The forms of presentation of the model of the integral indicator are substantiated, which, in accordance with the requirements of the Ministry of Health, assesses the generalized indicator of the patient's statement (GIPS), the quality of medical services and increases the efficiency of data compression. A consistent application of two Euclidean norms is proposed, which leads indicators of dissimilar physical nature to a limited metric space. The relationship between the lower and upper bounds of the GIPS, the error, the width of the sliding window, and the values of the derivatives was established on the basis of the Taylor series expansion, geometric inequality and limited space. The model for evaluating the GIPS as a lower bound and the method for generating information about its properties are substantiated.

A three-level comparator is applied and an vector-indicator (VI) is introduced as an informational addition to the time series. Additional capabilities for intelligent analysis are demonstrated. The

model of GIPS through VI is presented. The examples of IV values are used to demonstrate its applicability to the intelligent analysis of the recovery process. Openness, accessibility, transparency of GIPS and VI as tools of KIT is implemented by the princes of public administration (PA) by reducing it to quantitative control and comparison if there are quantitative and qualitative indicators in the list. VI, sliding windows, as PA and KIT tools in software (SW) for a diagnostic conclusion and correction of the course of procedures, are numerically investigated. It is demonstrated on examples of a numerical experiment with software how the combined application of the method for calculating the GIPS and VI effectively affects the compression ratio, increasing it to 60–75 %.

**Keywords:** automation module, integral indicator, vector-indicator, lossless compression, recovery devices, public administration.

## References

- Pro rehabilitatsiyu u sferi okhorony zdorovia. Stattia 19. Nadannia rehabilitatsiynoi dopomohy iz zastosuvanniam telerehabilitatsiyi (2021). Verkhovna Rada Ukrainy, 8. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text>
- U 2020 rotsi likuvannia hostroho mozkovoho insultu ye priorytetom v prohrami medychnykh harantij. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy (2019). Available at: <https://www.kmu.gov.ua/news/u-2020-roci-likuvannya-gostrogo-mozkovogo-insultu-ye-prioritetom-v-prohrami-medichnih-garantij>
- Unifikovanyi klinichniy protokol medychnoi dopomohy. Ishemichniy insult (ekstrena, pervynna, vtorynna (spetsializovana) medychna dopomoha, medychna rehabilitatsiya). Zatverdzheno. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia 03.08.2012 No. 602. Available at: [https://dec.gov.ua/wp-content/uploads/images/dodatki/2012\\_602/2012\\_602dod4ykpmd.pdf](https://dec.gov.ua/wp-content/uploads/images/dodatki/2012_602/2012_602dod4ykpmd.pdf)
- Pro zatverdzhennia indyikatoriv yakosti medychnoi dopomohy. Nakaz MOZ Ukrainy vid 02.11.2011r. No. 743. Verkhovna Rada Ukrainy. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1328-11#Text>
- Yakovleva, O. G. (2019). Main ways of formation and development of family medicine in Ukraine as the basis of reorganization of primary medical and sanitary aid for population. *Nursing*, 2, 16–21. doi: <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2019.2.10192>
- Steel, A., Sibbritt, D., Schloss, J., Wardle, J., Leach, M., Diezel, H., Adams, J. (2017). An Overview of the Practitioner Research and Collaboration Initiative (PRACI): a practice-based research network for complementary medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1609-3>
- Pro zatverdzhennia Kontseptsiyi upravlinnia yakistiu medychnoi dopomohy u haluzi okhorony zdorovia v Ukraini na period do 2020 roku. Nakaz MOZ Ukrainy vid 01.08.2011 No. 454. Verkhovna Rada Ukrainy. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0454282-11#Text>
- Stallberg, B., Teixeira, P., Blom, C., Lisspers, K., Tsiglianni, I., Jordan, R. et. al. (2016). The prevalence of comorbidities in COPD patients and their impact on quality of life and COPD symptoms in primary care patients - An UNLOCK study from the IPCRG. 1.6 General Practice and Primary Care. doi: <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2016.pa868>
- Nahorna, A. M. (2003). Sotsialno-ekonomichni determinanty zdorovia naselennia Ukrainy (ohliad literatury i vlasnykh doslidzhen). *Zhurnal AMN Ukrainy*, 9 (2), 325–345.
- Hoida, N. H., Horachuk, V. V. (2011). Medyko-sotsiolohichna informatsiya yak instrument upravlinnia yakistiu medychnoi dopomohy. Tezy dopovidei konferentsiyi z mizhnarodnoiu uchastiu «Medychna ta biolohichna informatyka ta kibernetyka: vikhy rozvytku». Kyiv, 27.
- Melnykova, N. (2014). The features of decision making quality evaluation in medicine. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*, 805, 170–179. Available at: <http://science.lpnu.ua/sisn/all-volumes-and-issues/volume-805-2014/osoblivosti-ocinyuvannya-yakosti-rezultativ-priynyattya>
- Shchelkalin, V. (2015). A systematic approach to the synthesis of forecasting mathematical models for interrelated non-stationary time series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (74)), 21–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40065>
- Trunov, A. (2017). Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. *Computer Systems Healthcare and Medicine*. Denmark, 213–248.
- The Ultimate Comparison of IOT Development Boards (2013). Open Electronics. Available at: <https://www.open-electronics.org/the-ultimate-comparison-of-iot-development-boards/>
- Tymoshchuk, P. V., Shatnyi, S. V. (2012). Systema monitorynhu ta keruvannia viddalenymy obiektamy rehuliuвання. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 22, 313–318.
- Shatnyi, S., Shatna, A., Shablovska, A. (2019). Neural Network Hardware Implementation Using Micro- and Softprocessor Technologies for Biomedical Signal Processing. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 8 (8), 400–403. Available at: <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-8-ISSUE-8-400-403.pdf>
- Trunov, A., Beglytsia, V. (2019). Synthesis of a trend's integral estimate based on a totality of indicators for a time series data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (98)), 48–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163922>
- Mishchuk, O. (2019). Development of the method of forecasting the atmospheric air pollution parameters based on error correction by neural-like structures of the model of successive geometric transformations. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (2 (50)), 26–30. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.188743>
- Mishchuk, O., Tkachenko, R., Pohrebennyk, V. (2019). The Accelerated Method of Filling Gaps in Data Using a Linear SGTM Neural-Like Structure. *International Journal of Science and Engineering Investigations (IJSEI)*, 8 (91), 154–159. Available at: <http://www.ijsei.com/papers/ijsei-89119-20.pdf>
- Kovalchuk, A. M., Levytskyi, V. H. (2002). Rozrobka adaptivnoho interfeisu korystuvacha prohramnoi systemy chyselnoho analizu matematychnykh zadach. *Visnyk ZhITI*, 20, 111–119.
- Bias, R.; Nielsen, J., Mack, R. (Eds.) (1994). *The Pluralistic Usability Walkthrough: Coordinated Empathies*. Usability Inspection Methods. John Wiley.
- Petrov, K. E., Kryuchkovskiy, V. V. (2009). Komparatornaya strukturno-parametricheskaya identifikatsiya modeley skalyarnogo mnogofaktornogo otsenivaniya. *Kherson: Oldi-plyus*, 294.
- Fisun, M., Smith, W., Trunov, A. (2017). The vector rotor as instrument of image segmentation for sensors of automated system of technological control. 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). doi: <https://doi.org/10.1109/stc-csit.2017.8098828>
- Boichenko, O. V. (2012). Osnovni pryntsyypy proektuvannia yakisnoho prohramnoho zabezpechennia avtomatyzovanykh system upravlinnia. Measurement and computation technique in technological processes, 3, 88–91. Available at: <https://journals.khnu.km.ua/index.php/MeasComp/article/view/1725/2191>
- Horachuk, V. V. (2012). Upravlinnia yakistiu medychnoi dopomohy v zakladi okhorony zdorovia. *Vynnytsia: PP Baliuk I.B.*, 18–23.
- Bellman, R. E., Kalaba, R. E. (1965). Quasilinearization and nonlinear boundary-value problems. American Elsevier Publishing Company.

27. Trunov, A., Malcheniuk, A. (2018). Recurrent network as a tool for calibration in automated systems and interactive simulators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 54–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126498>

DOI: [10.15587/1729-4061.2021.238259](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238259)

**DEVELOPMENT OF AUDIT AND DATA PROTECTION PRINCIPLES IN ELECTRONIC VOTING SYSTEMS (p. 47–57)**

**Yuriy Khlaponin**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9287-0817>

**Volodymyr Vyshniakov**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4668-712X>

**Viktoriia Ternavska**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2102-619X>

**Oleksandr Selyukov**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7979-3434>

**Oleg Komarnytskyi**

Department of Transport Infrastructure  
of the Kyiv City State Administration, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4830-919X>

It is assumed in standard information protection technologies that there are owners of this information who put forward requirements for protection. In secret voting systems, the information belongs to the community of citizens, and to protect it, vote organizers must create conditions that allow each voter to make sure that the vote secrecy and accuracy of vote counting are preserved. In developed democracies, this issue is resolved through a widely available audit of all procedures that may be mistrusted. Any voter can conduct such an audit. The anxiety of citizens of democratic countries is based on the idea that if electronic voting is introduced, it will be impossible to conduct such an audit. The article proposes principles of auditing all those software and hardware tools and processes of the online voting system that can generate voter distrust. This audit is carried out using a dedicated server open to voters and their fiduciaries. This server provides continuous monitoring of actions of the service staff in terms of possible interference in the operation of the voting system. Also, due to this server, auditors receive data on the integrity of the voting system hardware and software including its audit tools and an alarm signal in the event of a threat. It was possible to reduce the average time of processing the voter requests to two seconds. This means that processing a maximum of 2,500 voter requests at a vote station will take no more than two hours. Simultaneous access of 50 voters to the server will not make them wait in the queue for more than 2 minutes. Implementation results were described and links were given for conducting experimental voting on the Internet.

**Keywords:** audit of online voting system, data protection, exclusion of illegal influence on voters.

**References**

1. Electronic Vote & Democracy. Available at: <http://www.electronic-vote.org/>

2. Prozori vybory u KNU. Kyivskyi natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka. Available at: <http://univ.kiev.ua/news/8696>
3. David Bismark: Elektronne holosuvannya bez obmanu. Available at: [https://www.ted.com/talks/david\\_bismark\\_e\\_voting\\_without\\_fraud/transcript?language=uk](https://www.ted.com/talks/david_bismark_e_voting_without_fraud/transcript?language=uk)
4. Ajish, S., Anil Kumar, K. S. (2020). Secure I-Voting System with Modified Voting and Verification Protocol. *Advances in Electrical and Computer Technologies*, 189–200. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5558-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5558-9_19)
5. Solvak, M. (2020). Does Vote Verification Work: Usage and Impact of Confidence Building Technology in Internet Voting. *Lecture Notes in Computer Science*, 213–228. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60347-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60347-2_14)
6. Bezpyatchuk, Zh. (2019). U Zelenskogo obeschayut onlayn-golosovanie: chem eto grozit? *BBC News Ukraina*. Available at: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-49266210>
7. Recommendation CM/Rec(2017)5[1] of the Committee of Ministers to member States on standards for e-voting. Available at: [https://search.coe.int/cm/Pages/result\\_details.aspx?ObjectID=09000016807266f6f](https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectID=09000016807266f6f)
8. Internet-holosuvannya: pytannia do rozghliadu. *Zahalnyi ohliad dlia orhaniv administruvannya vyboriv. Bila knyha IFES*. Available at: <https://ifesukraine.org/wp-content/uploads/2020/04/IFES-White-Paper-Applegate-Chanussot-Basysty-%E2%80%988Considerations-on-Internet-Voting%E2%80%99-Mar-2020-Ukr-1.pdf>
9. Ernest, A., Hourt, N., Larimer, D. (2016). Pat. No. US 2017/0109955 A1. Blockchain Electronic Voting System And Method. No. 15/298,177; declared: 19.10.2016; published: 20.04.2017. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ba/6f/d2/1920626de10c1b/US20170109955A1.pdf>
10. Ibrahim, M., Ravindran, K., Lee, H., Farooqui, O., Mahmoud, Q. H. (2021). ElectionBlock: An Electronic Voting System using Blockchain and Fingerprint Authentication. *2021 IEEE 18th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icsa-c52384.2021.00033>
11. Alvi, S. T., Uddin, M. N., Islam, L., Ahamed, S. (2020). From Conventional Voting to Blockchain Voting: Categorization of Different Voting Mechanisms. *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*. doi: <https://doi.org/10.1109/sti50764.2020.9350399>
12. Fernandes, A., Garg, K., Agrawal, A., Bhatia, A. (2021). Decentralized Online Voting using Blockchain and Secret Contracts. *2021 International Conference on Information Networking (ICOIN)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icoin50884.2021.9333966>
13. Golubitskiy, S. (2019). Mutnaya tekhnologiya. *Uroki moskovskikh vyborov na blokcheyne*. *Novaya gazeta*, 111. Available at: <https://novayagazeta.ru/articles/2019/09/30/82175-mutnaya-tehnologiya>
14. Schneier, B. (2020). Voatz Internet Voting App Is Insecure. *Schneier on Security*. Available at: <https://www.schneier.com/crypto-gram/archives/2020/0315.html#cg1>
15. Vyshnyakov, V. M., Komarnitskiy, O. A. (2019). *Transparentnye sistemy elektronnoy demokratii*. Ottawa: Accent Graphics Communications & Publishing, 96. Available at: <http://www.asdev.com.ua/dndiasb/assets/files/Vyshnyakov/e-voting.pdf>
16. Chupryn, V., Vyshniakov, V., Komarnitskiy, O. (2018). Method of counteraction of attacks of mediator in transparent system the internet voting. *Ukrainian Information Security Research Journal*, 20 (3), 180–187. doi: <https://doi.org/10.18372/2410-7840.20.13079>
17. Shannon, C. E. (1949). *Communication Theory of Secrecy Systems*. *Bell System Technical Journal*, 28 (4), 656–715. doi: <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1949.tb00928.x>

18. Chupryn, V., Vyshniakov, V., Prygara, M. (2016). Method of generation of casual numbers on the basis of the use of apparatus of the computer plugged in the Internet. *Ukrainian Information Security Research Journal*, 18 (4), 323–335. doi: <https://doi.org/10.18372/2410-7840.18.11085>
19. Diffie, W., Hellman, M. (1976). New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*, 22 (6), 644–654. doi: <https://doi.org/10.1109/tit.1976.1055638>
20. Chupryn, V., Vyshniakov, V., Prygara, M. (2017). Method of combating illegal influence on voters in the Internet voting system. *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*, 23 (1), 7–14. doi: <https://doi.org/10.18372/2225-5036.23.11547>
21. Khlaponin, Y., Khalifa, E. K., Khlaponin, D., Selyukov, A., Tolbatov, A., Tolbatov, V., Odarchenko, R. (2019). Method of Improving the Stability of Network Synchronization in Multiservice Macro Networks. *Proceedings of the International Workshop on Cyber Hygiene (CybHyg-2019) co-located with 1st International Conference on Cyber Hygiene and Conflict Management in Global Information Networks (CyberConf 2019)*. Vol-2654. Kyiv, 786–797. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2654/paper61.pdf>
22. Khlaponin, Y. I., Khoroshko, V. O., Khokhlacheva, Y. E., Gavrilkov, E. V. (2017). Parametric monitoring of computing processes in information and computing systems. *Selected Papers of the XVII International Scientific and Practical Conference on Information Technologies and Security (ITS 2017)*. Vol-2067. Kyiv, 125–131. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2067/paper18.pdf>
23. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsiyi Kontseptsiyi rozvytku elektronnoi demokratsii v Ukraini na 2019-2020 roky. Vid 12 chervnia 2019 r. No. 405-r. Kyiv. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/405-2019-%D1%80/sp:max10#Text>
24. Schneier, B. (2004). What's Wrong With Electronic Voting Machines? Schneier on Security. Available at: [https://www.schneier.com/essays/archives/2004/11/whats\\_wrong\\_with\\_ele.html](https://www.schneier.com/essays/archives/2004/11/whats_wrong_with_ele.html)
25. Vyshniakov, V. M., Pryhara, M. P., Voronin, O. V. (2014). Vidkryta systema taiemnoho holosuvannia. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 20, 110–115. Available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-20/22.pdf>
26. Cgernyshev, D. O., Khlaponin, Y. I., Vyshniakov, V. M. (2020). Experience of introduction of electronic voting in higher education institutions. *Zbirnyk naukovykh prats Viyskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, 68, 90–99. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpviknu\\_2020\\_68\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpviknu_2020_68_12)

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239253

#### SIGN LANGUAGE DACTYL RECOGNITION BASED ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS (p. 58–72)

**Chingiz Kenshimov**

Institute of Information and Computational Technologies,  
Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5923-4958>

**Zholdas Buribayev**

Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-227X>

**Yedilkhan Amirgaliyev**

Institute of Information and Computational Technologies,  
Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6528-0619>

**Aisulyu Ataniyazova**

Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1122-6614>

**Askhat Aitimov**

Suleyman Demirel University,  
Kaskelen, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9849-1391>

In the course of our research work, the American, Russian and Turkish sign languages were analyzed. The program of recognition of the Kazakh dactylic sign language with the use of machine learning methods is implemented. A dataset of 5000 images was formed for each gesture, gesture recognition algorithms were applied, such as Random Forest, Support Vector Machine, Extreme Gradient Boosting, while two data types were combined into one database, which caused a change in the architecture of the system as a whole. The quality of the algorithms was also evaluated.

The research work was carried out due to the fact that scientific work in the field of developing a system for recognizing the Kazakh language of sign dactyls is currently insufficient for a complete representation of the language. There are specific letters in the Kazakh language, because of the peculiarities of the spelling of the language, problems arise when developing recognition systems for the Kazakh sign language.

The results of the work showed that the Support Vector Machine and Extreme Gradient Boosting algorithms are superior in real-time performance, but the Random Forest algorithm has high recognition accuracy. As a result, the accuracy of the classification algorithms was 98.86 % for Random Forest, 98.68 % for Support Vector Machine and 98.54 % for Extreme Gradient Boosting. Also, the evaluation of the quality of the work of classical algorithms has high indicators.

The practical significance of this work lies in the fact that scientific research in the field of gesture recognition with the updated alphabet of the Kazakh language has not yet been conducted and the results of this work can be used by other researchers to conduct further research related to the recognition of the Kazakh dactyl sign language, as well as by researchers, engaged in the development of the international sign language.

**Keywords:** Gesture recognition, sign language, feature extraction, hand tracking, algorithm evaluation.

#### References

1. Ahmed, M. A., Zaidan, B. B., Zaidan, A. A., Salih, M. M., Laku, M. M. bin. (2018). A Review on Systems-Based Sensory Gloves for Sign Language Recognition State of the Art between 2007 and 2017. *Sensors*, 18 (7), 2208. doi: <http://doi.org/10.3390/s18072208>
2. Bilgin, M., Mutludogan, K. (2019). American Sign Language Character Recognition with Capsule Networks. *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*. Ankara. doi: <http://doi.org/10.1109/ismsit.2019.8932829>
3. Kudubayeva, S., Zhussupova, B., Aliyeva, G. (2019). Features of the representation of the Kazakh sign language with the use of gestural notation. *Proceedings of the 5th International Conference on Engineering and MIS*. doi: <http://doi.org/10.1145/3330431.3330440>
4. Luqman, H., El-Alfy, E.-S. M., BinMakhashen, G. M. (2020). Joint space representation and recognition of sign language fingerspelling using Gabor filter and convolutional neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 80 (7), 10213–10234. doi: <http://doi.org/10.1007/s11042-020-09994-0>



5. Saykol, E., Türe, H. T., Sirvanci, A. M., Turan, M. (2016). Posture labeling based gesture classification for Turkish sign language using depth values. *Kybernetes*, 45 (4), 604–621. doi: <http://doi.org/10.1108/k-04-2015-0107>
6. Van Houdt, G., Mosquera, C., Nápoles, G. (2020). A review on the long short-term memory model. *Artificial Intelligence Review*, 53 (8), 5929–5955. doi: <http://doi.org/10.1007/s10462-020-09838-1>
7. Makarov, I., Chertkov, M., Veldyaykin, N., Pokoev, A. (2019). American and Russian sign language dactyl recognition. *ACM International Conference Proceeding Series*, 204–210. doi: <http://doi.org/10.1109/tsp.2019.8768868>
8. Artyukhin, S. G., Mestetskiy, L. M. (2015). Dactyl alphabet gesture recognition in a video sequence using microsoft kinect. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W6, 83–86. doi: <http://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-5-w6-83-2015>
9. Oktekin, B. (2018). Development of Turkish sign language recognition application. Nicosia.
10. Wadhawan, A., Kumar, P. (2019). Sign Language Recognition Systems: A Decade Systematic Literature Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28 (3), 785–813. doi: <http://doi.org/10.1007/s11831-019-09384-2>
11. Munib, Q., Habeeb, M., Takruri, B., Al-Malik, H. A. (2007). American sign language (ASL) recognition based on Hough transform and neural networks. *Expert Systems with Applications*, 32 (1), 24–37. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.018>
12. Oz, C., Leu, M. C. (2007). Linguistic properties based on American Sign Language isolated word recognition with artificial neural networks using a sensory glove and motion tracker. *Neurocomputing*, 70 (16-18), 2891–2901. doi: <http://doi.org/10.1016/j.neucom.2006.04.016>
13. Oz, C., Leu, M. C. (2011). American Sign Language word recognition with a sensory glove using artificial neural networks. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24 (7), 1204–1213. doi: <http://doi.org/10.1016/j.engappai.2011.06.015>
14. Sun, C., Zhang, T., Bao, B.-K., Xu, C., Mei, T. (2013). Discriminative Exemplar Coding for Sign Language Recognition With Kinect. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43 (5), 1418–1428. doi: <http://doi.org/10.1109/tcyb.2013.2265337>
15. Chuan, C.-H., Regina, E., Guardino, C. (2014). American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor. 2014 13th International Conference on Machine Learning and Applications, 541–544. doi: <http://doi.org/10.1109/icmla.2014.110>
16. Tangsuksant, W., Adhan, S., Pintavirooj, C. (2014). American Sign Language recognition by using 3D geometric invariant feature and ANN classification. The 7th 2014 Biomedical Engineering International Conference. doi: <http://doi.org/10.1109/bmeicon.2014.7017372>
17. Zamani, M., Kanan, H. R. (2014). Saliency based alphabet and numbers of American sign language recognition using linear feature extraction. 2014 4th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE), 398–403. doi: <http://doi.org/10.1109/iccke.2014.6993442>
18. Savur, C., Sahin, F. (2016). American Sign Language Recognition system by using surface EMG signal. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2872–2877. doi: <http://doi.org/10.1109/smc.2016.7844675>
19. Saha, S., Lahiri, R., Konar, A., Nagar, A. K. (2016). A novel approach to American sign language recognition using Madaline neural network. 2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI). doi: <http://doi.org/10.1109/ssci.2016.7850121>
20. Kudubayeva, S. A., Ryumin, D. A., Kalzhanov, M. U. (2016). The method of basis vectors for recognition sign language by using sensor KINECT, *KazNU Bulletin. Mathematics, Mechanics, Computer Science Series*, 3 (91), 86–96.
21. Gupta, R., Bhatnagar, A. S. (2021). Multi-stage Indian sign language classification with Sensor Modality Assessment. 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). doi: <http://doi.org/10.1109/icaccs51430.2021.9441906>

## АНОТАЦІЇ

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.237359

**РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ КРИПТОКОМПРЕСІЙНИХ КОДОГРАМ ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВТРАТИ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЇ (с. 6–17)**

В. В. Бараннік, С. О. Сідченко, Д. В. Бараннік, С. С. Шульгін, В. В. Бараннік, А. І. Дацун

Поряд з повсюдним використанням цифрових зображень виникла актуальна науково-прикладна проблема щодо необхідності зниження обсягів відеоінформації за умови забезпечення її конфіденційності та достовірності. Для вирішення проблеми можуть застосовуватися методи криптокомпресійного кодування. Однак методу, узагальнюючого всі етапи обробки, не описано. Розроблено концептуальний метод криптокомпресійного кодування зображень в диференційованому базисі без втрати якості інформації. Він організовує трьохкаскадну технологію формування криптокомпресійних кодограм. На перших двох каскадах забезпечується формування кодових конструкцій інформаційних складових з одночасним забезпеченням їх конфіденційності та ключових елементів в якості службової складової. На третьому каскаді обробки організується забезпечення конфіденційності службової складової. Формування кодових значень інформаційних складових недетермінованої довжини здійснюється на основі недетермінованої кількості елементів початкових відеоданих в зниженому динамічному діапазоні. Формування службових даних пропонується організовувати в блоках вихідних зображень розмірністю  $16 \times 16$  елементів. Метод забезпечує зменшення обсягу вихідних зображень при формуванні криптокомпресійних кодограм в 1,14–1,58 рази (на 12–37 %) в залежності від ступеня їх насиченості. Це на 12,7–23,4 % краще технології TIFF і на 9,6–17,9 % краще технології PNG. Обсяг службової складової криптокомпресійних кодограм становить 1,563 % від обсягу вихідних відеоданих або не більше 2,5 % від усього кодового потоку. Це дозволяє скоротити обсяг даних для шифрування до 40 разів у порівнянні з технологіями TIFF і PNG. Розроблений метод не вносить помилок в дані в процесі кодування та відноситься до методів без втрати якості інформації.

**Ключові слова:** криптокомпресія, кодування, захист інформації, плаваюча схема, диференційований базис, службова складова.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239084

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ (с. 18–25)**

О. Є. Волков, М. М. Комар, Д. О. Волошенюк

Виявлення і класифікація контурів на зображеннях важлива у багатьох сферах застосування комп'ютерного зору. Прикладом можуть бути оперативні завдання, які вирішуються за допомогою безпілотних літальних апаратів, наприклад, динамічний моніторинг стану транспортної інфраструктури, зокрема дорожньої розмітки.

В результаті досліджень було виявлено, що наявні методи контурного аналізу зображень не дають чітких та надійних результатів при вирішенні завдання контролю стану дорожньої розмітки. Тому актуальною є науково-прикладна задача вдосконалення методів і моделей фільтрації, обробки бінарних зображень та якісного і змістовного виокремлення границь об'єктів інтересу.

Для вирішення завдання виділення контурів дорожньої розмітки на зображеннях, отриманих від безпілотного літального апарату розроблено метод, який містить оперативний інструмент попередньої обробки зображень – комбінований фільтр. Розроблений метод має ряд переваг та усуває недоліки відомих методів при визначенні меж розташування об'єкта інтересу, шляхом виокремлення контурів кластеру точок із застосуванням гістограм.

Розроблений метод та процедури дають змогу успішно вирішувати проблеми, значною мірою подібні до тих, з якими може стикатися людина-експерт при вирішенні інтелектуальних завдань обробки та фільтрації інформації.

Запропонований метод пройшов апробацію на підприємстві, що виробляє український безпілотний літальний апарат «Spectator» під час випробувань інформаційної технології динамічного моніторингу стану транспортної інфраструктури.

Результати можуть бути імплементовані в перспективні системи інтелектуального керування у галузі моделювання свідомої поведінки людини по виділенню даних, необхідних для сприйняття особливостей зовнішнього середовища.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, виявлення контурів, фільтрація, оператор Собеля, перетворення Хафа, оператор Лапласа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238528

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЦЕВОГО НАПАДУ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЕВОГО НАВЧАННЯ (с. 26–35)**

Omar Shakir Hasan, Ibrahim Ahmed Saleh

З настанням епохи даних постійне вдосконалення та широке застосування медичних інформаційних систем призвели до експоненціального зростання біомедичних даних, таких як медична візуалізація, електронні медичні записи, біометричні мітки та клінічні записи, які мають потенційну та суттєву дослідницьку цінність. Однак медичні дослідження, засновані на статистичних методах, обмежені класом і розміром дослідницької спільноти, тому вони не можуть ефективно виконувати інтелектуальний аналіз даних за великомасштабної медичної інформації. У той же час методи машинного навчання з учителем можуть ефективно вирішити цю проблему. Серцевий напад є одним з найбільш поширених захворювань і однією з основних причин смерті, тому знаходження системи, яка може точно і надійно прогнозувати діагноз, є важливим кроком в лікуванні таких захворювань. Дослідники використовували різні методи інтелектуального аналізу даних і машинного навчання для аналізу медичних даних, які допомагають фахівцям прогнозувати

серцеві захворювання. У даній статті представлені різні особливості серцевих захворювань, модель заснована на ансамблевому навчанні. Запропонована система включає попередню обробку даних, вибір атрибутів і використання алгоритмів логістичної регресії як мета-класифікаторів для побудови моделі ансамблевого навчання. Крім того, використання алгоритмів машинного навчання (метод опорних векторів, дерево рішень, випадковий ліс, екстремальний градієнтний бустинг) для прогнозування на основі набору даних Фремінгемського дослідження серця і порівняння із запропонованою методологією. Результати показують, що доцільність і ефективність запропонованого методу прогнозування, заснованого на груповому навчанні, забезпечують точність медичних рекомендацій і більш високу точність в порівнянні з єдиним традиційним алгоритмом машинного навчання.

**Ключові слова:** прогнозування серцевого нападу, машинне навчання, ансамблеве навчання, метод стекованого узагальнення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239288**

### **ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ УЗАГАЛЬНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИБЛАДІВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ МЕДИЦИНИ ПОСТІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ (с. 36–46)**

**О. М. Трунов, В. П. Беглиця, Г. В. Грищенко, В. О. Зюзин, В. В. Кошовий**

Розглянуто відновлення постінфарктних і постінсультних пацієнтів, що є актуальним в умовах становлення інституту сімейних лікарів та страхової медицини. Запропоновано для забезпечення процедур, якості життя і зменшення трудовитрат у період довготривалого відновлення впровадити модуль автоматизації приладів відновлення (МАПВ). Обґрунтовано форми представлення моделі інтегрального показника, який відповідно до вимог МОЗ оцінює загальний показник стану (ЗПС) пацієнта і якість медичних послуг та придатний підвищити ефективність стиснення даних. Запропоновано послідовне застосування двох Евклідових норм, що приводить різномірні за своєю фізичною природою показники до обмеженого метричного простору. Встановлено на підставі розвинення у ряд Тейлора, геометричної нерівності та обмеженості простору зв'язок між нижньою та верхньою границями ЗПС, похибкою, шириною вікна ковзання і значеннями похідних. Обґрунтовано модель оцінки ЗПС як нижньої границі і метод формування інформації про її властивості.

Застосовано трирівневий компаратор та введено вектор-індикатор (ВІ) як інформаційне доповнення часового ряду. Продемонстровано додаткові можливості для інтелектуального аналізу. Представлено модель ЗПС через ВІ. На прикладах значень ВІ продемонстровано його застосовність до інтелектуального аналізу ходу відновлення. Відкритість, доступність, прозорість ЗПС і ВІ як інструментів КІТ реалізує принципи публічного адміністрування (ПА) зведенням до кількісного контролю і порівняння при наявності у переліку кількісних та якісних показників. Чисельно досліджено ВІ, вікна ковзання, як інструменти ПА і КІТ у програмному забезпеченні (ПЗ) для діагностичного висновку та корекції перебігу процедур. Продемонстровано на прикладах числового експерименту з ПЗ як сукупне застосування методу обчислення ЗПС і ВІ ефективно впливає на коефіцієнт стиснення інформації збільшуючи його до 60–75 %.

**Ключові слова:** модуль автоматизації, інтегральний показник, вектор-індикатор, безвтратне стиснення, прилади відновлення, публічне адміністрування.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238259**

### **РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ АУДИТУ ТА ЗАХИСТУ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО ГОЛОСУВАННЯ (с. 47–57)**

**Ю. І. Хлапонін, В. М. Вишняков, В. М. Тернавська, О. В. Селюков, О. О. Комарницький**

У стандартних технологіях захисту інформації передбачається, наявність власника, якому належить ця інформація, і він висуває вимоги для її захисту. У системах таємного голосування інформація належить співтовариству громадян і для її захисту організатори повинні створити умови, що дозволяють кожному виборцю переконатися в збереженні таємниці голосів і вірності їх підрахунку. У країнах розвиненої демократії це вирішується завдяки широкодоступним аудиту всіх процедур, де можуть мати місце порушення. Такий аудит може провести будь-який виборець, що усуває причини для недовіри. Тривога громадян демократичних країн ґрунтується на тому, що в разі впровадження електронного голосування буде неможливо проводити подібний аудит для переконання виборців в абсолютній чесності роботи системи. У статті запропоновані принципи аудиту всіх тих програмно-апаратних засобів і процесів системи голосування в режимі on-line, які можуть породжувати недовіру виборців. Цей аудит здійснюється за допомогою спеціалізованого сервера, відкритого для виборців і їх довірених осіб. Даний сервер забезпечує безперервний контроль дій персоналу, який обслуговує систему, в частині можливого позаштатного втручання в роботу прикладної програми. Також через цей сервер аудиторі отримують дані про цілісність програмно-апаратних засобів системи голосування, включаючи засоби її аудиту, а в разі наявності загрози – сигнал тривоги. Середній час обробки запитів голосуючих виборця вдалося скоротити до двох секунд. Це означає, що обробка максимальної кількості у 2500 виборців на дільниці потребує не більше двох годин. Одночасне звернення до сервера 50 виборців не змусить їх очікувати в черзі більше 2 хвилин. Описано результати впровадження та надані посилання для проведення експериментального голосування в мережі Інтернет.

**Ключові слова:** аудит системи on-line голосування, захист даних, виключення неправомірного впливу на виборців.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239253**

### **РОЗПІЗНАВАННЯ ДАКТІЛЬНОЇ МОВИ ЖЕСТИВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ МАШИНОГО НАВЧАННЯ (с. 58–72)**

**Chingiz Kenshimov, Zholdas Buribayev, Yedilkhan Amirgaliyev, Aisulyu Ataniyazova, Askhat Aitimov**

У процесі дослідницької роботи були проаналізовані американська, російська і турецька мови жестів. Реалізована програма розпізнавання казахської дактильної мови жестів із застосуванням методів машинного навчання. Сформовано датасет з 5000 зображень для кожного жесту, застосовані алгоритми з розпізнавання жестів, такі як Random Forest, Support Vector Machine,

Extreme Gradient Boosting, при цьому поєднані два типи даних в одну базу, що викликало зміну архітектури системи в цілому. Також була проведена оцінка якості алгоритмів.

Дослідницька робота проведена в зв'язку тим, що наукові роботи в області розробки системи розпізнавання казахської мови жестових дактилів в даний час є недостатніми для повного розуміння мови. У казахській мові є специфічні літери, через особливості правопису виникають проблеми при розробці систем розпізнавання казахської мови жестів.

Результати роботи показали, що алгоритми Support Vector Machine і Extreme Gradient Boosting лідують за продуктивністю в реальному режимі часу, але алгоритм Random Forest має високу точність розпізнавання. В результаті точність алгоритмів класифікації склала 98,86 % для Random Forest, 98,68 % для Support Vector Machine і 98,54 % для Extreme Gradient Boosting. Так само оцінки якості роботи класичних алгоритмів мають високі показники.

Практична значимість полягає в тому, що наукові дослідження в області розпізнавання жестів з оновленим алфавітом казахської мови досі не проводилися і результати цієї роботи можуть бути використані іншими дослідниками для проведення подальших досліджень, пов'язаних з розпізнаванням казахської дактильної мови жестів, а також дослідниками, які займаються розвитком міжнародної мови жестів.

**Ключові слова:** розпізнавання жестів, мова жестів, витяг ознак, відстеження рук, оцінка алгоритмів.