

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243715

**DEVELOPMENT OF A FUZZY GERT MODEL  
FOR INVESTIGATING COMMON SOFTWARE  
VULNERABILITIES (p. 6–18)**

**Serhii Semenov**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4472-9234>**Zhang Liqiang**

Neijiang Normal University, Sichuan, China

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7493-7670>**Cao Weiling**

Neijiang Normal University, Sichuan, China

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8230-5235>**Serhii Bulba**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0358-7516>**Vira Babenko**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2039-2841>**Viacheslav Davydov**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2976-8422>

This paper has determined the relevance of the issue related to improving the accuracy of the results of mathematical modeling of the software security testing process. The fuzzy GERT-modeling methods have been analyzed. The necessity and possibility of improving the accuracy of the results of mathematical formalization of the process of studying software vulnerabilities under the conditions of fuzziness of input and intermediate data have been determined. To this end, based on the mathematical apparatus of fuzzy network modeling, a fuzzy GERT model has been built for investigating software vulnerabilities. A distinctive feature of this model is to take into consideration the probabilistic characteristics of transitions from state to state along with time characteristics. As part of the simulation, the following stages of the study were performed. To schematically describe the procedures for studying software vulnerabilities, a structural model of this process has been constructed. A “reference GERT model” has been developed for investigating software vulnerabilities. The process was described in the form of a standard GERT network. The algorithm of equivalent transformations of the GERT network has been improved, which differs from known ones by considering the capabilities of the extended range of typical structures of parallel branches between neighboring nodes. Analytical expressions are presented to calculate the average time spent in the branches and the probability of successful completion of studies in each node. The calculation of these probabilistic-temporal characteristics has been carried out in accordance with data on the simplified equivalent fuzzy GERT network for the process of investigating software vulnerabilities. Comparative studies were conducted to confirm the accuracy and reliability of the results obtained. The results of the experiment showed that in comparison with the reference model, the fuzziness of the input characteristic of the time of conducting studies

of software vulnerabilities was reduced, which made it possible to improve the accuracy of the simulation results.

**Keywords:** software, security testing, fuzzy GERT-model, cyber threat, software vulnerability.

**References**

1. CWE Version 4.1. Available at: [https://cwe.mitre.org/data/published/cwe\\_v4.1.pdf](https://cwe.mitre.org/data/published/cwe_v4.1.pdf)
2. Semenov, S., Liqiang, Z., Weiling, C., Davydov, V. (2021). Development a mathematical model for the software security testing first stage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (111)), 24–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233417>
3. Pritsker, A. A. B. (1977). *Modeling and Analysis Using Q-GERT Networks*. Wiley: distributed by Halsted Press Division of John Wiley & Sons, 420.
4. Semenova, A., Dubrovskiy, M., Savitskiy, V. (2017). A GERT model of an algorithm for analyzing security of a web application. *Advanced Information Systems*, 1 (1), 61–64. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.1.11>
5. Semenov, S., Davydov, V., Lipchanska, O., Lipchanskiy, M. (2020). Development of unified mathematical model of programming modules obfuscation process based on graphic evaluation and review method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 6–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206232>
6. Gavrylenko, S., Chelak, V., Hornostal, O., Vassilev, V. (2020). Development of a method for identifying the state of a computer system using fuzzy cluster analysis. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 8–11. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.02>
7. Lin, K.-P., Wen, W., Chou, C.-C., Jen, C.-H., Hung, K.-C. (2011). Applying fuzzy GERT with approximate fuzzy arithmetic based on the weakest t-norm operations to evaluate repairable reliability. *Applied Mathematical Modelling*, 35 (11), 5314–5325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.04.022>
8. Zhang, N., Yan, S., Fang, Z., Yang, B. (2021). Fuzzy GERT model based on z-tag and its application in weapon equipment management. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40 (6), 12503–12519. doi: <https://doi.org/10.3233/jifs-201731>
9. Lachmayer, R., Afsari, M., Hassani, R. (2015). C# method for all Types of Nodes in Fuzzy GERT. *International Journal of Artificial Intelligence and Neural Networks – IJAINN*, 5 (1), 57–62. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/304247081\\_C\\_method\\_for\\_all\\_Types\\_of\\_Nodes\\_in\\_Fuzzy\\_GERT](https://www.researchgate.net/publication/304247081_C_method_for_all_Types_of_Nodes_in_Fuzzy_GERT)
10. Radziszewska-Zielina, E., Śladowski, G. (2017). Proposal of the Use of a Fuzzy Stochastic Network for the Preliminary Evaluation of the Feasibility of the Process of the Adaptation of a Historical Building to a Particular Form of Use. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245, 072029. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/245/7/072029>
11. Tousheh Asl, S., Hashemin, S. S. (2018). Completion Time of Special Kind of GERT-Type Networks with Fuzzy Times for Activities. *International Journal of Industrial Engineering*, 5 (1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.14445/23499362/ijie-v5i1p101>
12. Wang, H.-H., Zhu, J.-J., Yao, Y.-C. (2019). GERT network optimization with consideration of “time-resource” on large aircraft collaborative development. *Kongzhi yu Juece/Control and Decision*, 34 (2), 309–316. doi: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0121>
13. Liu, X., Fang, Z., Zhang, N. (2017). A value transfer GERT network model for carbon fiber industry chain based on input–output

table. *Cluster Computing*, 20 (4), 2993–3001. doi: <https://doi.org/10.1007/s10586-017-0960-y>

14. Semenov, S., Liqiang, Z., Weiling, C. (2020). Penetration Testing Process Mathematical Model. 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/picst51311.2020.9468039>
15. Norouzi, G., Heydari, M., Noori, S., Bagherpour, M. (2015). Developing a Mathematical Model for Scheduling and Determining Success Probability of Research Projects Considering Complex-Fuzzy Networks. *Journal of Applied Mathematics*, 2015, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/809216>
16. Gavareshki, M. H. K. (2004). New fuzzy GERT method for research projects scheduling. 2004 IEEE International Engineering Management Conference (IEEE Cat. No.04CH37574). doi: <https://doi.org/10.1109/iemc.2004.1407495>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248673**

### **CONSTRUCTING A MODEL FOR THE DYNAMIC EVALUATION OF VULNERABILITY IN SOFTWARE BASED ON PUBLIC SOURCES (p. 19–29)**

**Yuliia Tatarinova**

Samsung Research and Development Institute Ukraine (SRK),  
Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2262-6090>

**Olga Sinelnikova**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
Samsung Research and Development Institute Ukraine (SRK),  
Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1317-0634>

One of the key processes in software development and information security management is the evaluation of vulnerability risks. Analysis and evaluation of vulnerabilities are considered a resource-intensive process that requires high qualifications and a lot of technical information. The main opportunities and drawbacks of existing systems for evaluation of vulnerability risks in software, which include the lack of consideration of the impact of trends and the degree of popularity of vulnerability on the final evaluation, were analyzed.

During the study, the following information was analyzed in the structured form: the vector of the general system of vulnerability evaluation, the threat type, the attack vector, the existence of the original code with patches, exploitation programs, and trends. The obtained result made it possible to determine the main independent characteristics, the existence of a correlation between the parameters, the order, and schemes of the relationships between the basic magnitudes that affect the final value of evaluation of vulnerability impact on a system.

A dataset with formalized characteristics, as well as expert evaluation for further construction of a mathematical model, was generated. Analysis of various approaches and methods for machine learning for construction of a target model of dynamic risk evaluation was carried out: neuro-fuzzy logic, regression analysis algorithms, neuro-network modeling.

A mathematical model of dynamic evaluation of vulnerability risk in software, based on the dynamics of spreading information about a vulnerability in open sources and a multidimensional model with an accuracy of 88.9 %, was developed. Using the obtained model makes it possible to reduce the analysis time from several hours to several minutes and to make a more effective decision regarding the establishment of the order of patch prioritization, to unify the actions of experts, to reduce the cost of managing information security risks.

**Keywords:** risk management, information security, machine learning, vulnerability evaluation, risk scores.

### **References**

1. Microsoft Security Development Lifecycle. Microsoft Inc. Available at: <https://www.microsoft.com/en-us/securityengineering/sdl>
2. Common Vulnerability Scoring System SIG. First.org, Inc. Available at: <https://www.first.org/cvss/>
3. Common Vulnerabilities and Exposures (CVE). Mitre.org, Inc. Available at: <https://cve.mitre.org/>
4. Wu, C., Wen, T., Zhang, Y. (2019). A revised CVSS-based system to improve the dispersion of vulnerability risk scores. *Science China Information Sciences*, 62 (3). doi: <https://doi.org/10.1007/s11432-017-9445-4>
5. Shlens, J. (2014). A tutorial on principal component analysis. arXiv.org. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1404.1100.pdf>
6. Keramati, M. (2016). New Vulnerability Scoring System for dynamic security evaluation. 2016 8th International Symposium on Telecommunications (IST). doi: <https://doi.org/10.1109/istel.2016.7881922>
7. Zhang, F., Huff, P., McClanahan, K., Li, Q. (2020). A Machine Learning-based Approach for Automated Vulnerability Remediation Analysis. 2020 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS). doi: <https://doi.org/10.1109/cns48642.2020.9162309>
8. Jacobs, J., Romanosky, S., Edwards, B., Adjerid, I., Roytman, M. (2021). Exploit Prediction Scoring System (EPSS). *Digital Threats: Research and Practice*, 2 (3), 1–17. doi: <https://doi.org/10.1145/3436242>
9. Official Common Platform Enumeration (CPE) Dictionary. NIST. Available at: <https://nvd.nist.gov/products/cpe>
10. National Vulnerability Database. NIST. Available at: <https://nvd.nist.gov/>
11. Edkrantz, M., Said, A. (2015). Predicting Cyber Vulnerability Exploits with Machine Learning. Thirteenth Scandinavian Conference on Artificial Intelligence, 48–57. doi: <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-589-0-48>
12. Aksu, M. U., Bicakci, K., Dilek, M. H., Ozbayoglu, A. M., Tatli, E. Islam. (2018). Automated Generation of Attack Graphs Using NVD. *Proceedings of the Eighth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy*. doi: <https://doi.org/10.1145/3176258.3176339>
13. He, W., Li, H., Li, J. (2019). Unknown Vulnerability Risk Assessment Based on Directed Graph Models: A Survey. *IEEE Access*, 7, 168201–168225. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2954092>
14. Petraityte, M., Dehghantanha, A., Epiphaniou, G. (2018). A Model for Android and iOS Applications Risk Calculation: CVSS Analysis and Enhancement Using Case-Control Studies. *Cyber Threat Intelligence*, 219–237. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73951-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73951-9_11)
15. Exploit database. Available at: <https://www.exploitdb.com/>
16. Vulnerability Lab. Vulnerability Research, Bug Bounties & Vulnerability Assessments. Vulnerability Lab. Available at: <https://www.vulnerability-lab.com/>
17. Tatarinova, Y., Sinelnikova, O. (2019). Extended Vulnerability Feature Extraction Based on Public Resources. *Theoretical and Applied Cybersecurity*, 1 (1). doi: <https://doi.org/10.20535/tacs.2664-29132019.1.169085>
18. Google Trends. Available at: <https://trends.google.com/trends>
19. Yuan, X. (2017). An improved Apriori algorithm for mining association rules. AIP Conference Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4977361>
20. Tatarinova, Y., Sinelnikova, O. (2019). Automatic construction of a neuro-fuzzy vulnerability risk analysis model. 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). doi: <https://doi.org/10.1109/stc-csit.2019.8929770>

21. Rapid7. InsightVM. Nexpose. Available at: <https://www.rapid7.com/products/insightvm/>
22. Tripwire IP360. Available at: <https://www.tripwire.com/products/tripwire-ip360>
23. Tenable Lumin. Available at: <https://www.tenable.com/products/tenable-lumin>
24. Qualys Vulnerability Management. Available at: <https://www.qualys.com/apps/vulnerability-management/>

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2021.249313

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING FORECAST OF SOCIAL IMPACT IN REGIONAL COMMUNITIES(p. 30–43)**

**Serhii Yevseiev**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1647-6444>

**Yurii Ryabukha**

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9821-598X>

**Oleksandr Milov**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6135-2120>

**Stanislav Milevskiy**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5087-7036>

**Serhii Pohasii**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4540-3693>

**Yevheniia Ivanchenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3017-5752>

**Ihor Ivanchenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3415-9039>

**Yevgen Melenti**

Juridical Personnel Training Institute for the Security Service of  
Ukraine Yaroslav Mudryi National Law University, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2955-2469>

**Ivan Opirskyy**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8461-8996>

**Igor Pasko**

Scientific-Research Center of Missile Troops and Artillery,  
Sumy, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0207-1203>

The development of the social aspect of the world community is closely related to the expansion of the range of digital services in cyberspace. A special place in which social networks occupy. The world's leading states are conducting information operations in this environment to achieve geopolitical goals. Such processes are reflected in real social and political life. This makes it possible to influence not only the social groups of society, but also to ensure manipulation in political "games" in the conduct of hybrid wars.

The simultaneous interaction of social factors, influencing factors, the presence of communities in social networks forms a full-

fledged socio-cyber-physical system capable of integrating real and virtual interactions to manage regional communities.

The article proposes a method for predicting the assessment of social mutual influence between "formal" and "informal" leaders and regional societies. The proposed models make it possible to form not only a forecast of the influence of agents, but also the interaction of various agents, taking into account their formal and informal influences, the use of administrative resources, political moods of the regional society. This approach allows dynamic modeling based on impact and relationship analysis.

The presented results of simulation modeling do not contradict the results of opinion polls and make it possible to form a set of measures that can be aimed at overcoming the negative impact on the regional society of both individual "leaders" and political parties. Analysis of the simulation results allows to increase both the political and social stability of the regional society, helps to prevent conflict moods and contradictions.

**Keywords:** socio-cyber-physical system, social networks, models of influence, rating of political parties, regional society.

**Reference**

1. Hryshchuk, R. V., Danyk, Yu. H. (2016). *Osnovy kibernetichnoi bezpeky*. Zhytomyr: ZhNAEU, 636.
2. Xia, F., Ma, J. (2011). Building smart communities with cyber-physical systems. *Proceedings of 1st International Symposium on From Digital Footprints to Social and Community Intelligence - SCI '11*. doi: <https://doi.org/10.1145/2030066.2030068>
3. Guo, B., Yu, Z., Zhou, X. (2015). A Data-Centric Framework for Cyber-Physical-Social Systems. *IT Professional*, 17 (6), 4–7. doi: <https://doi.org/10.1109/mitp.2015.116>
4. Kuang, L., Yang, L. T., Liao, Y. (2020). An Integration Framework on Cloud for Cyber-Physical-Social Systems Big Data. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 8 (2), 363–374. doi: <https://doi.org/10.1109/tcc.2015.2511766>
5. Lin, C.-C., Deng, D.-J., Jhong, S.-Y. (2020). A Triangular NodeTrix Visualization Interface for Overlapping Social Community Structures of Cyber-Physical-Social Systems in Smart Factories. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 8 (1), 58–68. doi: <https://doi.org/10.1109/tetc.2017.2671846>
6. De, S., Zhou, Y., Larizgoitia Abad, I., Moessner, K. (2017). Cyber-Physical-Social Frameworks for Urban Big Data Systems: A Survey. *Applied Sciences*, 7 (10), 1017. doi: <https://doi.org/10.3390/app7101017>
7. Bond, R. M., Fariss, C. J., Jones, J. J., Kramer, A. D. I., Marlow, C., Settle, J. E., Fowler, J. H. (2012). A 61-million-person experiment in social influence and political mobilization. *Nature*, 489 (7415), 295–298. doi: <https://doi.org/10.1038/nature11421>
8. Jayles, B., Kim, H., Escobedo, R., Cezeza, S., Blanchet, A., Kameda, T. et. al. (2017). How social information can improve estimation accuracy in human groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (47), 12620–12625. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1703695114>
9. Almaatouq, A., Noriega-Campero, A., Alotaibi, A., Krafft, P. M., Mousaid, M., Pentland, A. (2020). Adaptive social networks promote the wisdom of crowds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (21), 11379–11386. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1917687117>
10. Phoa, F. K. H., Weng, P. C.-Y., Chiang, Y.-S. (2016). A mathematical model on the propagation of node attributes on a social network. *IAENG Transactions on Engineering Sciences*. doi: [https://doi.org/10.1142/9789813142725\\_0009](https://doi.org/10.1142/9789813142725_0009)
11. Kao, A. B., Berdahl, A. M., Hartnett, A. T., Lutz, M. J., Bak-Coleman, J. B., Ioannou, C. C. et. al. (2018). Counteracting estimation bias

- and social influence to improve the wisdom of crowds. *Journal of The Royal Society Interface*, 15 (141), 20180130. doi: <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0130>
12. Lorenz, J., Rauhut, H., Schweitzer, F., Helbing, D. (2011). How social influence can undermine the wisdom of crowd effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (22), 9020–9025. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1008636108>
  13. Jayles, B., Sire, C., Kurvers, R. H. J. M. (2021). Impact of sharing full versus averaged social information on social influence and estimation accuracy. *Journal of The Royal Society Interface*, 18 (180), 20210231. doi: <https://doi.org/10.1098/rsif.2021.0231>
  14. Madirolas, G., de Polavieja, G. G. (2015). Improving Collective Estimations Using Resistance to Social Influence. *PLOS Computational Biology*, 11 (11), e1004594. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004594>
  15. Parthasarathy, S., Ruan, Y., Satuluri, V. (2011). Community Discovery in Social Networks: Applications, Methods and Emerging Trends. *Social Network Data Analytics*, 79–113. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3_4)
  16. Sun, J., Tang, J. (2011). A Survey of Models and Algorithms for Social Influence Analysis. *Social Network Data Analytics*, 177–214. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3_7)
  17. Anagnostopoulos, A., Kumar, R., Mahdian, M. (2008). Influence and correlation in social networks. *Proceeding of the 14th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD 08*. doi: <https://doi.org/10.1145/1401890.1401897>
  18. Goyal, A., Bonchi, F., Lakshmanan, L. V. S. (2010). Learning influence probabilities in social networks. *Proceedings of the Third ACM International Conference on Web Search and Data Mining - WSDM '10*. doi: <https://doi.org/10.1145/1718487.1718518>
  19. Xiang, R., Neville, J., Rogati, M. (2010). Modeling relationship strength in online social networks. *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web - WWW '10*. doi: <https://doi.org/10.1145/1772690.1772790>
  20. Scripps, J., Tan, P.-N., Esfahanian, A.-H. (2009). Measuring the effects of preprocessing decisions and network forces in dynamic network analysis. *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD '09*. doi: <https://doi.org/10.1145/1557019.1557102>
  21. Tang, L., Liu, H. (2009). Relational learning via latent social dimensions. *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD '09*. doi: <https://doi.org/10.1145/1557019.1557109>
  22. Yevseiev, S., Ponomarenko, V., Laptiev, O., Milov, O., Korol, O., Milevskiy, S. et. al. (2021). Synergy of building cybersecurity systems. *Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER*, 188. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-31-2>
  23. Pozacherhovi vybory narodnykh deputativ Ukrainy 21 lypnia 2019 roku. Ofitsiynyi sait «Tsentralnoi vyborchoi komisii Ukrainy». Available at: [https://www.cvk.gov.ua/vibory\\_category/vibori-narodnih-deputativ-ukraini/pozachergovi-vibori-narodnih-deputativ-ukraini-21-lipnya-2019-roku.html](https://www.cvk.gov.ua/vibory_category/vibori-narodnih-deputativ-ukraini/pozachergovi-vibori-narodnih-deputativ-ukraini-21-lipnya-2019-roku.html)

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248506

**DEVELOPMENT OF A MODEL AND TECHNOLOGY OF ACCESS TO DOCUMENTS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL ACTIVITIES (p. 44–57)**

**Sandugash Serikbayeva**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1729-6875>

**Jamalbek Tussupov**

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

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

**Madina Sambetbayeva**

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

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-1614>

**Aigerim Yerimbetova**

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

Institute of Automation and Information Technologies  
Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

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

**Zhanna Sadirmekova**

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7514-9315>

**Aigul Tungatarova**

M. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7600-9608>

**Ardak Batyrkhanov**

Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6231-3641>

**Alma Zakirova**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8772-1414>

The paper deals with general issues of organizing access to electronic documents in the framework of scientific and educational activities.

Large volumes of already existing information, its continuous growth, the heterogeneous nature of storage and distribution, the lack of a unified way of working with it create many difficulties when using it. Awareness of these difficulties, qualitative changes in the field of information technology and telecommunications have led to the need to solve the problem of finding new approaches to the creation of repositories of information resources, their structure, and the development of tools necessary for users. Currently, such approaches are called “digital” or “electronic” libraries.

According to the preliminary concept, an intelligent scientific and educational Internet resource will be an information system accessible via the Internet, providing systematization and integration of scientific knowledge, data, and information resources into a single information space, meaningful and effective access to them, as well as support for their use in solving various scientific and educational tasks.

Another problem of the organization of effective information support for scientific and educational activities is that, due to its diversity and multidimensional nature, scientific and educational information resources are dispersed on remote pages of many sites and in distributed electronic libraries and archives. To solve this problem, it is necessary to solve the problem of bringing such resources related to one area of knowledge into a single information space, and also, no less important, to support their logical integrity. Without solving these two related tasks, it is impossible to solve the main task – to provide all participants of scientific and educational activities with

meaningful access to integrated information resources and means of their analysis.

The support of information systems in the field of scientific and educational activities is relevant, since the need for information always exists. In order to satisfy this need, it is necessary to organize access to various resources.

**Keywords:** information systems, information resources, access, document, distributed, metadata.

## References

- Khamdamov, U., Abdullayev, A., Elov, J., Sultanov, D. (2020). Conceptual Model of the Education Management Information System for Higher Education Institutions. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (5), 7295–7300. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/59952020>
- Molnár, B., Benczúr, A. (2015). Modeling information systems from the viewpoint of active documents. *Vietnam Journal of Computer Science*, 2 (4), 229–241. doi: <https://doi.org/10.1007/s40595-015-0046-9>
- Fedotov, A. M., Abdelieva, M. N., Baidavletov, A. T., Bapanov, A. A., Sambetbayeva, M. A., Fedotova, O. A. (2015). Conceptual model of scientific and educational information system. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii*, 13 (3), 52–67. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnaya-model-nauchno-obrazovatelnoy-informatsionnoy-sistemy>
- Sandugash, S., Jamalbek, T., Madina, S., Akbota, Y., Ainur, A. (2021). Building a Standard Model of an Information System for Working with Documents on Scientific and Educational Activities. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12 (9). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120951>
- Podkorytova, N. I., Lakizo, I. G., Artemyeva, E. B. (2020). Scientific libraries in the structure of Novosibirsk Scientific-Educational Complex. *Scientific and Technical Libraries*, 1 (9), 61–77. doi: <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2020-9-61-77>
- Makeeva, O. V. (2020). New approach to building a competency model for library professionals. *Proceedings of SPSTL SB RAS*, 1, 71–77. doi: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2020-1-71-77>
- Tsvetkova, V. A., Mokhnacheva, I. V., Rodionov, I. I. (2020). Scientific libraries in the information infrastructure of Russia. *Vzaimovliyanie informatsionno-bibliotечноy sredy i obshchestvennyh nauk*, 61–77. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44058881>
- Serikbayeva, S., Tussupov, J., Sambetbayeva, M., Muratova, G., Makhanov, M., Borankulova, G., Yerimbetova, A. (2021). Development of queries using the Z39.50 protocol in distributed information systems to support scientific and educational activities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (113)), 66–79. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239540>
- Shokin, Y. I., Fedotov, A. M., Zhizhimov, O. L. (2015). Technologies for designing of distributed information systems to support research. *Vychislitel'nye tekhnologii*, 20 (5), 251–274. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-sozdaniya-raspredeleyennyh-informatsionnyh-sistem-dlya-podderzhki-nauchnyh-issledovaniy>
- Zhyzhymov, O. L., Fedotov, A. M., Fedotova, O. A. (2012). Building a generic model of information system for working with documents on the scientific heritage. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii*, 10 (3), 5–14. Available at: <https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/236/01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fedotov, A. M., Barakhnin, V. B., Zhizhimov, O. L., Fedotova, O. A. (2014). A model of information system to support scientific and educational activities. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii*, 12 (1), 89–101. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-informatsionnoy-sistemy-dlya-podderzhki-nauchno-pedagogicheskoy-deyatelnosti>
- Sadirmekova Zh. B., Sambetbayeva, M. A. (2020). Development of technology for extracting metadata from documents during the integration of information systems. *Science and Innovative Technologies*, 1 (4), 209–214. doi: <https://doi.org/10.33942/sit.nes004>
- Zagorulko, G. B. (2016). Development of ontology for intelligent scientific internet resource decision-making support in weakly formalized domains. *Ontology of designing*, 6 (4 (22)), 485–500. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-ontologii-dlya-internet-resursa-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-slaboformalizovannyh-oblastyah>
- Borovikova, O. I., Zagorulko, G. B., Zagorulko, Y. A., Shestakov, V. K. (2017). Use of patterns for the development of the ontology for the information-analytical internet resource “decision support”. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*, 3 (7), 144–156. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-patternov-dlya-razrabotki-ontologii-informatsionno-analiticheskogo-internet-resursa-podderzhka-prinyatiya-resheniy>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248698

## DEVSING INFORMATION TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE REDUNDANT INFORMATION CONTENT OF A DIGITAL IMAGE (p. 59–70)

**Pylyp Prystavka**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

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

**Kseniia Dukhnovska**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

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

**Oksana Kovtun**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

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

**Olga Leshchenko**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-2785>

**Olha Cholyskhina**

Interregional Academy of Personnel Management, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0681-0413>

**Anhelina Zhultynska**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9178-897X>

The information technology that implements evaluation of redundant information using the methods of preprocessing and segmentation of digital images has been devised. The metrics for estimating redundant information containing a photo image using the approach based on texture variability were proposed. Using the example of aerial photography data, practical testing and research into the proposed assessment were carried out.

Digital images, formed by various optoelectronic facilities, are distorted under the influence of obstacles of various nature. These obstacles complicate both the visual analysis of images by a human and their automatic processing. A solution to the problem can be obtained through preprocessing, which will lead to an increase in the informativeness of digital image data at a general decrease in content.

An experimental study of the dependence of image informativeness on the results of overlaying previous filters for processing digital

images, depending on the values of parameters of methods, was carried out. It was established that the use of algorithms sliding window analysis can significantly increase the resolution of analysis in the time area while maintaining a fairly high ability in the frequency area. The introduced metrics can be used in problems of computer vision, machine and deep learning, in devising information technologies for image recognition. The prospect is the task of increasing the efficiency of processing the monitoring results by automating the processing of the received data in order to identify informative areas. This will reduce the time of visual data analysis. The introduced metrics can be used in the development of automated systems of air surveillance data recognition.

**Keywords:** computer vision, image recognition, digital image informativeness, image preprocessing.

## References

- Bronevich, A. G., Semery, O. S. (2006). An information measure-based grayscale image segmentation. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 16 (2), 201–207. doi: <https://doi.org/10.1134/s1054661806020064>
- Shannon, K. (1963). *Raboty po teorii informatsii i kibernetike*. Moscow. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=QUj5AgAAQBAJ&lpq=PA5&ots=veztmpT9Os&lr&hl=ru&pg=PA5#v=onepage&q&f=false>
- Gray, R. M. (2011). Entropy. *Entropy and Information Theory*, 61–95. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7970-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7970-4_3)
- Fijany, A., Hosseini, F. (2011). Image processing applications on a low power highly parallel SIMD architecture. 2011 Aerospace Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/aero.2011.5747456>
- Sloane, D. (2014). Visualizing Qualitative Information. *The Qualitative Report*. doi: <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2009.1407>
- Borji, A. (2019). Pros and cons of GAN evaluation measures. *Computer Vision and Image Understanding*, 179, 41–65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2018.10.009>
- Piella, G., Heijmans, H. (2003). A new quality metric for image fusion. *Proceedings 2003 International Conference on Image Processing (Cat. No.03CH37429)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icip.2003.1247209>
- Kozlova, O. A., Kozlova, L. P. (2015). A modern approach to the selecting of the contours in the task of technical vision. 2015 XVIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). doi: <https://doi.org/10.1109/scm.2015.7190413>
- Liao, S., Shen, D., Chung, A. C. S. (2014). A Markov Random Field Groupwise Registration Framework for Face Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36 (4), 657–669. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2013.141>
- Prystavka, P., Rogatyuk, A. (2015). Mathematical Foundations of Foreign Object Recognition in the Video from Unmanned Aircraft. *Proceedings of the National Aviation University*, 3 (64), 133–139. doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.64.9048>
- Chyrkov, A., Prystavka, P. (2018). Method for suspicious object search in video from an aircraft camera based on histogram analysis. *Science-based technologies*, 2 (38), 210–219. doi: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.38.12827>
- Chyrkov, A., Prystavka, P. (2018). Suspicious Object Search in Airborne Camera Video Stream. *Advances in Computer Science for Engineering and Education*, 340–348. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_34)
- Burinska, Z., Runovski, K., Sehmeisser, H.-J. (2006). On the Approximation by Generalized Sampling Series in Lp-Metrics. *Sampling Theory in Signal and Image Processing*, 5 (1), 59–87. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03549443>
- Dengler, J., Wagner, V., Dembicz, I., Garcia-Mijangos, I., Naqinezhad, A., Boch, S. et. al. (2018). GrassPlot – a database of multi-scale plant diversity in Palaearctic grasslands. *Phytocoenologia*, 48 (3), 331–347. doi: <https://doi.org/10.1127/phyto/2018/0267>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246706

## DEVELOPMENT OF A WEED DETECTION SYSTEM USING MACHINE LEARNING AND NEURAL NETWORK ALGORITHMS (p. 70–85)

**Baydaulet Urmashev**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7641-198X>

**Zholdas Buribayev**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-227X>

**Zhazira Amirgaliyeva**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0484-8060>

**Aisulu Ataniyazova**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1122-6614>

**Mukhtar Zhassuzak**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8164-8199>

**Amir Turegali**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0685-3122>

The detection of weeds at the stages of cultivation is very important for detecting and preventing plant diseases and eliminating significant crop losses, and traditional methods of performing this process require large costs and human resources, in addition to exposing workers to the risk of contamination with harmful chemicals. To solve the above tasks, also in order to save herbicides and pesticides, to obtain environmentally friendly products, a program for detecting agricultural pests using the classical K-Nearest Neighbors, Random Forest and Decision Tree algorithms, as well as YOLOv5 neural network, is proposed. After analyzing the geographical areas of the country, from the images of the collected weeds, a proprietary database with more than 1000 images for each class was formed. A brief review of the researchers' scientific papers describing the methods they developed for identifying, classifying and discriminating weeds based on machine learning algorithms, convolutional neural networks and deep learning algorithms is given. As a result of the research, a weed detection system based on the YOLOv5 architecture was developed and quality estimates of the above algorithms were obtained. According to the results of the assessment, the accuracy of weed detection by the K-Nearest Neighbors, Random Forest and Decision Tree classifiers was 83.3 %, 87.5 %, and 80 %. Due to the fact that the images of weeds of each species differ in resolution and level of illumination, the results of the neural network have corresponding

indicators in the intervals of 0.82–0.92 for each class. Quantitative results obtained on real data demonstrate that the proposed approach can provide good results in classifying low-resolution images of weeds.

**Keywords:** agriculture, weeds, machine learning, YOLOv5, segmentation, Otsu's method, classification, algorithm evaluation.

## References

- Fawakherji, M., Youssef, A., Bloisi, D., Pretto, A., Nardi, D. (2019). Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). doi: <https://doi.org/10.1109/irc.2019.00029>
- Zhang, S., Huang, W., Wang, Z. (2021). Combing modified Grabcut, K-means clustering and sparse representation classification for weed recognition in wheat field. *Neurocomputing*, 452, 665–674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.06.140>
- Potena, C., Nardi, D., Pretto, A. (2017). Fast and Accurate Crop and Weed Identification with Summarized Train Sets for Precision Agriculture. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 105–121. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48036-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48036-7_9)
- Di Cicco, M., Potena, C., Grisetti, G., Pretto, A. (2017). Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). doi: <https://doi.org/10.1109/iros.2017.8206408>
- Lavania, S., Matey, P. S. (2015). Novel Method for Weed Classification in Maize Field Using Otsu and PCA Implementation. 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology. doi: <https://doi.org/10.1109/cict.2015.71>
- Wu, Z., Chen, Y., Zhao, B., Kang, X., Ding, Y. (2021). Review of Weed Detection Methods Based on Computer Vision. *Sensors*, 21 (11), 3647. doi: <https://doi.org/10.3390/s21113647>
- Selvi, C. T., Sankara Subramanian, R. S., Ramachandran, R. (2021). Weed Detection in Agricultural fields using Deep Learning Process. 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). doi: <https://doi.org/10.1109/icaccs51430.2021.9441683>
- Boyina, L., Sandhya, G., Vasavi, S., Koneru, L., Koushik, V. (2021). Weed Detection in Broad Leaves using Invariant U-Net Model. 2021 International Conference on Communication, Control and Information Sciences (ICCISc). doi: <https://doi.org/10.1109/iccisc52257.2021.9485001>
- Tang, J., Wang, D., Zhang, Z., He, L., Xin, J., Xu, Y. (2017). Weed identification based on K-means feature learning combined with convolutional neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135, 63–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.001>
- Luo, T., Zhao, J., Gu, Y., Zhang, S., Qiao, X., Tian, W., Han, Y. (2021). Classification of weed seeds based on visual images and deep learning. *Information Processing in Agriculture*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.10.002>
- Jiang, H., Zhang, C., Zhang, Z., Mao, W., Wang, D., Wang, D. (2020). Detection Method of Corn Weed Based on Mask R-CNN. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 51 (6), 220–228. doi: <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2020.06.023>
- Dos Santos Ferreira, A., Matte Freitas, D., Gonçalves da Silva, G., Pistori, H., Theophilo Folhes, M. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 314–324. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.027>
- Wang, A., Zhang, W., Wei, X. (2019). A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 226–240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.005>
- Ma, X., Deng, X., Qi, L., Jiang, Y., Li, H., Wang, Y., Xing, X. (2019). Fully convolutional network for rice seedling and weed image segmentation at the seedling stage in paddy fields. *PLOS ONE*, 14 (4), e0215676. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215676>
- Asad, M. H., Bais, A. (2020). Weed detection in canola fields using maximum likelihood classification and deep convolutional neural network. *Information Processing in Agriculture*, 7 (4), 535–545. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.12.002>
- Bosilj, P., Duckett, T., Cielniak, G. (2018). Analysis of Morphology-Based Features for Classification of Crop and Weeds in Precision Agriculture. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3 (4), 2950–2956. doi: <https://doi.org/10.1109/lra.2018.2848305>
- Sarvini, T., Sneha, T., Sukanya Gowthami, G. S., Sushmitha, S., Kumaraswamy, R. (2019). Performance Comparison of Weed Detection Algorithms. 2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). doi: <https://doi.org/10.1109/iccsp.2019.8698094>
- Xiao, L., Ouyang, H., Fan, C., Umer, T., Poonia, R. C., Wan, S. (2020). Gesture image segmentation with Otsu's method based on noise adaptive angle threshold. *Multimedia Tools and Applications*, 79 (47–48), 35619–35640. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08544-7>
- Belgiu, M., Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
- Starovoitov, V. V., Golub, Y. I. (2020). Comparative study of quality estimation of binary classification. *Informatics*, 17 (1), 87–101. doi: <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2020-17-1-87-101>
- Thuan, D. (2021). Evolution of YOLO algorithm and YOLOv5: The state-of-the-art object detection algorithm. *Information Technology Oulu University of Applied Sciences*, 61. Available at: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/452552/Do\\_Thuan.pdf?isAllowed=y&sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/452552/Do_Thuan.pdf?isAllowed=y&sequence=2)
- Xu, R., Lin, H., Lu, K., Cao, L., Liu, Y. (2021). A Forest Fire Detection System Based on Ensemble Learning. *Forests*, 12 (2), 217. doi: <https://doi.org/10.3390/f12020217>
- Wang, Q., Wu, B., Zhu, P., Li, P., Zuo, W., Hu, Q. (2020). ECA-Net: Efficient Channel Attention for Deep Convolutional Neural Networks. 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.01155>
- Osorio, K., Puerto, A., Pedraza, C., Jamaica, D., Rodríguez, L. (2020). A Deep Learning Approach for Weed Detection in Lettuce Crops Using Multispectral Images. *AgriEngineering*, 2 (3), 471–488. doi: <https://doi.org/10.3390/agriengineering2030032>
- Ahmad, T., Ma, Y., Yahya, M., Ahmad, B., Nazir, S., Haq, A. ul. (2020). Object Detection through Modified YOLO Neural Network. *Scientific Programming*, 2020, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8403262>
- Yeshmukhametov, A. N., Koganezawa, K., Buribayev, Z., Amirgaliyev, Y., Yamamoto, Y. (2020). Study on multi-section continuum robot wire-tension feedback control and load manipulability. *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application*, 47 (6), 837–845. doi: <https://doi.org/10.1108/ir-03-2020-0054>
- Yeshmukhametov, A., Khaleel, L. A., Koganezawa, K., Yamamoto, Y., Amirgaliyev, Y., Buribayev, Z. (2020). Designing of CNC Based Ag-

gricultural Robot with a Novel Tomato Harvesting Continuum Manipulator Tool. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 9 (6), 876–881. doi: <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.6.876-881>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248390

**IMPROVING A NEURAL NETWORK MODEL FOR SEMANTIC SEGMENTATION OF IMAGES OF MONITORED OBJECTS IN AERIAL PHOTOGRAPHS (p. 86–95)**

**Vadym Slyusar**

Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2912-3149>

**Mykhailo Protsenko**

Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5057-6145>

**Anton Chernukha**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0365-3205>

**Vasyl Melkin**

Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9345-3396>

**Olena Petrova**

Livestock Products  
Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3981>

**Mikhail Kravtsov**

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3218-2182>

**Svitlana Velma**

National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-9643>

**Nataliia Kosenko**

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5942-3150>

**Olga Sydorenko**

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2806-624X>

**Maksym Sobol**

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7853-4390>

This paper considers a model of the neural network for semantically segmenting the images of monitored objects on aerial photographs. Unmanned aerial vehicles monitor objects by analyzing (processing) aerial photographs and video streams. The results of aerial photography are processed by the operator in a manual mode; however, there are objective difficulties associated with the operator's handling a large number of aerial photographs, which is why it is advisable to automate this process. Analysis of the models showed that to perform the task of semantic segmentation of images of monitored objects on aerial photographs, the U-Net model (Germany), which is a convolutional neural network, is most suitable as a basic model. This model has been

improved by using a wavelet layer and the optimal values of the model training parameters: speed (step) – 0.001, the number of epochs – 60, the optimization algorithm – Adam. The training was conducted by a set of segmented images acquired from aerial photographs (with a resolution of 6,000×4,000 pixels) by the Image Labeler software in the mathematical programming environment MATLAB R2020b (USA). As a result, a new model for semantically segmenting the images of monitored objects on aerial photographs with the proposed name U-NetWavelet was built.

The effectiveness of the improved model was investigated using an example of processing 80 aerial photographs. The accuracy, sensitivity, and segmentation error were selected as the main indicators of the model's efficiency. The use of a modified wavelet layer has made it possible to adapt the size of an aerial photograph to the parameters of the input layer of the neural network, to improve the efficiency of image segmentation in aerial photographs; the application of a convolutional neural network has allowed this process to be automatic.

**Keywords:** semantic segmentation of images, convolutional neural network, aerial photograph, unmanned aerial vehicle.

## References

1. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et. al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
2. Semko, A. N., Beskrovnaya, M. V., Vinogradov, S. A., Hritsina, I. N., Yagudina, N. I. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52 (3), 655–664.
3. Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
4. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Suchikova, Y., Hurenko, O. (2017). Assessment of improvement of ecological safety of power plants by arranging the system of pollutant neutralization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 63–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102314>
5. Vambol, S., Vambol, V., Sobyina, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2018). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. *Energetika*, 64 (4), 186–195. doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
6. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P., Gornostal, S. (2019). Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (97)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155027>
7. Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77. Available at: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6849>
8. Holla, A., Pai, M., Verma, U., Pai, R. M. (2020). Efficient Vehicle Counting by Eliminating Identical Vehicles in UAV aerial videos. 2020 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER), 246–251. doi: <https://doi.org/10.1109/discover50404.2020.9278095>



9. Deng, H., Zhang, Y., Li, R., Hu, C., Feng, Z., Li, H. (2022). Combining residual attention mechanisms and generative adversarial networks for hippocampus segmentation. *Tsinghua Science and Technology*, 27 (1), 68–78. doi: <https://doi.org/10.26599/tst.2020.9010056>
10. Jing, W., Jin, T., Xiang, D. (2021). Fast Superpixel-Based Clustering Algorithm for SAR Image Segmentation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 1–1. doi: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2021.3124071>
11. Xin, L., Chao, L., He, L. (2021). Malicious code detection method based on image segmentation and deep residual network RESNET. 2021 International Conference on Computer Engineering and Application (ICCEA), 473–480. doi: <https://doi.org/10.1109/ICCEA53728.2021.00099>
12. Xie, B., Yang, Z., Yang, L., Luo, R., Wei, A., Weng, X., Li, B. (2021). Multi-Scale Fusion With Matching Attention Model: A Novel Decoding Network Cooperated With NAS for Real-Time Semantic Segmentation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1109/tits.2021.3115705>
13. Yang, S., Hou, J., Jia, Y., Mei, S., Du, Q. (2021). Superpixel-Guided Discriminative Low-Rank Representation of Hyperspectral Images for Classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 8823–8835. doi: <https://doi.org/10.1109/tip.2021.3120675>
14. Peng, C., Zhang, K., Ma, Y., Ma, J. (2021). Cross Fusion Net: A Fast Semantic Segmentation Network for Small-Scale Semantic Information Capturing in Aerial Scenes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 60, 1–13. doi: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3053062>
15. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, 234–241. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28)
16. Jwaid, W. M., Al-Husseini, Z. S. M., Sabry, A. H. (2021). Development of brain tumor segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) using U-Net deep learning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 23–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238957>
17. Slyusar, V., Protsenko, M., Chernukha, A., Gornostal, S., Rudakov, S., Shevchenko, S. et. al. (2021). Construction of an advanced method for recognizing monitored objects by a convolutional neural network using a discrete wavelet transform. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 65–77. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238601>
18. Slyusar, V., Protsenko, M., Chernukha, A., Kovalov, P., Borodych, P., Shevchenko, S. et. al. (2021). Improvement of the model of object recognition in aero photographs using deep convolutional neural networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (113)), 6–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.243094>
19. Long, J., Shelhamer, E., Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7298965>
20. Badrinarayanan, V., Kendall, A., Cipolla, R. (2017). SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39 (12), 2481–2495. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2016.2644615>
21. Zhao, H., Shi, J., Qi, X., Wang, X., Jia, J. (2017). Pyramid Scene Parsing Network. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.660>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249278

## ANALYSIS OF THE SPECTRAL PROPERTIES OF WHEAT GROWTH IN DIFFERENT VEGETATION PERIODS (p. 96–102)

**Akbota Yerzhanova**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6826-8965>

**Akmaral Kassymova**

Zhangir Khan University, Uralsk, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4614-4021>

**Gulzira Abdikerimova**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>

**Manshuk Abdimomynova**

Dulaty University, Taraz, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4325-0440>

**Zhuldyz Tashenova**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3051-1605>

**Elmira Nurlybaeva**

T. K. Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0479-7542>

The article presents a technique for studying space images based on the analysis of the spectral brightness coefficient (SBC) of space images of the earth's surface.

Recognition of plant species, soils, and territories using satellite images is an applied task that allows to implement many processes in agriculture and automate the activities of farmers and large farms. The main tool for analyzing satellite imagery data is the clustering of data that uniquely identifies the desired objects and changes associated with various reasons.

Based on the data obtained in the course of experiments on obtaining numerical SBC values, the patterns of behavior of the processes of reflection of vegetation, factors that impede the normal growth of plants, and the proposed clustering of the spectral ranges of wave propagation, which can be used to determine the type of objects under consideration, are revealed. Recognition of these causes through the analysis of SBC satellite images will create an information system for monitoring the state of plants and events to eliminate negative causes. SBC data is divided into non-overlapping ranges, i.e. they form clusters reflecting the normal development of plant species and deviations associated with negative causes. If there are deviations, then there is an algorithm that determines the cause of the deviation and proposes an action plan to eliminate the defect.

It should be noted that the distribution of the brightness spectra depends on the climatic and geographical conditions of the plant species and is unique for each region. This study refers to the Akmola region, where grain crops are grown.

**Keywords:** spectral brightness coefficient, multispectral images, Landsat-8, atmospheric correction, wavelength, range, cadastral number.

## References

- Fisenko, E. V. (2019). Analysis of the results of using the technique of multimedia processing of spectral images of the underlying surface using complex remote sensing data. *Geodesy and Aerial photogrammetry*, 63 (3), 324–332. doi: <https://doi.org/10.30533/0536-101x-2019-63-3-324-332>
- Bajsholano, S. S., Polevoj, A. N. (2016). Ocenka vlagooobespechennosti vegetacionnogo perioda v severnoj zernoseyushchej territorii Kazahstana. *Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya*, 3 (83), 95–102.
- Botvich, I. Yu., Volkova, A. I., Kononova, N. A., Ivanova, Yu. D., Shevyrnogov, A. P. (2017). Spectrometry of herbaceous vegetation of the krasnoyarsky krai and Republic of Khakassia: the method of measurement, storage and processing of data. *Reshetnevskie chteniya*, 398–400. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektrometrirovaniye-travyanistoy-rastitelnosti-krasnoyarskogo-kra-ya-i-respubliki-hakasiya-metodika-izmereniy-hraneniye-i-obrabotka>
- Danilov, R. Yu., Kremneva, O. Yu., Ismailov, V. Ya., Tretyakov, V. A., Rizvanov, A. A., V.V. Krivoshein, Pachkin, A. A. (2020). General methods and results of ground hyperspectral studies of seasonal changes in the reflective properties of crops and certain types of weeds. *Sovremennye Problemy Distsionnogo Zondirovaniya Zemli Iz Kosmosa*, 17 (1), 113–127. doi: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-1-113-127>
- Yerzhanova, A. Ye., Kerimkhulle, S. Ye., Makhanov, M., Abdikerimova, G. B., Beglerova, S. T., Tazhurekova, Zh. K. (2021). Atmospheric correction of Landsat-8 / OLI data using the FLAASH algorithm: obtaining information about agricultural crops. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99 (13), 3110–3119. Available at: <http://www.jatit.org/volumes/Vol99No13/3Vol99No13.pdf>
- Yerzhanova, A. Y. (2021). Spectral properties of plants by vegetation periods for analysis of satellite images. *Vestnik KazNRTU*, 143 (1), 226–232. doi: <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.v143.i1.28>
- De Keukelaere, L., Sterckx, S., Adriaensen, S., Knaeps, E., Reusen, I., Giardino, C. et. al. (2018). Atmospheric correction of Landsat-8/OLI and Sentinel-2/MSI data using iCOR algorithm: validation for coastal and inland waters. *European Journal of Remote Sensing*, 51 (1), 525–542. doi: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1457937>
- Stycenko, E. A. (2018). Razrabotka metodiki avtomaticheskoy rasshifrovki rastitel'nogo pokrova s kompleksnym ispol'zovaniem mnogosezonnyh zonal'nyh kosmicheskikh snimkov. Moscow, 213.
- Kruse, F. A. (1988). Use of airborne imaging spectrometer data to map minerals associated with hydrothermally altered rocks in the northern grapevine mountains, Nevada, and California. *Remote Sensing of Environment*, 24 (1), 31–51. doi: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90004-1)
- Kolesnikova, O., Cherepanov, A. (2009). Vozmozhnosti PK ENVI dlya obrabotki mul'tispektral'nyh i giperspektral'nyh dannyh. *Geomatika*, 3, 24–27. Available at: [https://sozond.ru/upload/iblock/65b/2009\\_03\\_004.pdf](https://sozond.ru/upload/iblock/65b/2009_03_004.pdf)
- EarthExplorer. Available at: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Andreev, G. A., Bazarskiy, O. V., Glauberman, A. S., Kolesnikov, A. I., Korzhik, Yu. V., Khlyavich, Ya. L. (1984). Analiz i sintez sluchaynykh prostranstvennykh tekstur. *Zarubezhnaya radioelektronika*, 2, 3–33.
- Kharalik, R. M. (1979). Statisticheskiy i strukturnyy podkhody k opisaniyu tekstur. *TIER*, 67 (5), 98–119.
- Potapov, A. A. (2003). Novye informatsionnye tekhnologii na osnove veroyatnostnykh tekturnykh i fraktal'nykh priznakov v radiolokatsionnom obnaruzhenii malokontrastnykh tseley. *Radiotekhnika i elektronika*, 48 (9), 1101–1119.
- Kolodnikova, N. V. (2004). Obzor tekturnykh priznakov dlya zadach raspoznavaniya obrazov. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*, 113–124.
- Sidorova, V. S. (2012). Hierarchical cluster algorithm for remote sensing data of earth. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 22 (2), 373–379. doi: <https://doi.org/10.1134/s1054661812020149>
- Irons, J. R., Dwyer, J. L., Barsi, J. A. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. *Remote Sensing of Environment*, 122, 11–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.026>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246641

## DEVELOPMENT OF METHODS FOR GENERATION OF DIGITAL WATERMARKS RESISTANT TO DISTORTION (p. 103–116)

Vitalii Martovytskyi

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2349-0578>

Igor Ruban

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4738-3286>

Nataliia Bolohova

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8927-0055>

Oleksandr Sievierinov

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6327-6405>

Oleg Zhurylo

Corel Corporation, Munich, Germany

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7505-2022>

Oleksandr Permiakov

National Defence University of Ukraine named after Ivan  
Cherniakhovskiy, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2206-3761>

Andrii Nosyk

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4171-1875>

Dmytro Nepokrytov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1752-8496>

Ivan Krylenko

Military Institute of Armored Forces of National Technical  
University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8005-1670>

Active attacks and natural impacts can lead to two types of image-container distortions: noise-like and geometric. There are also image processing operations, e.g. scaling, rotation, truncation, pixel permutation which are much more detrimental to digital watermarks (DWM). While ensuring resistance to removal and geometric attacks is a more or less resolved problem, the provision of resistance to local image changes and partial image deletion is still poorly understood. The methods discussed in this paper are aimed at ensuring resistance to attacks resulting in partial image loss or local changes in the im-

age. This study's objective is to develop methods for generating a distortion-resistant digital watermark using the chaos theory. This will improve the resistance of methods of embedding the digital watermark to a particular class of attacks which in turn will allow developers of DWM embedding methods to focus on ensuring the method resistance to other types of attacks. An experimental study of proposed methods was conducted. Histograms of DWMs have shown that the proposed methods provide for the generation of DWM of a random obscure form. However, the method based on a combination of Arnold's cat maps and Henon maps has noticeable peaks unlike the method based on shuffling the pixels and their bits only with Arnold's cat maps. This suggests that the method based only on Arnold's cat maps is more chaotic. This is also evidenced by the value of the coefficient of correlation between adjacent pixels close to zero (0.0109) for color DWMs and 0.030 for black and white images.

**Keywords:** digital watermarks, chaotic maps, Henon maps, Arnold's cat maps.

### References

- Mitekin, V. A. (2015). An algorithm for generating digital watermarks robust against brute-force attacks. *Computer Optics*, 39 (5), 808–817. doi: <https://doi.org/10.18287/0134-2452-2015-39-5-808-817>
- Artru, R., Roux, L., Ebrahimi, T. (2019). Digital watermarking of video streams: review of the state-of-the-art. arXiv.org. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1908.02039.pdf>
- Delannay, D., Macq, B. (2000). Generalized 2-D cyclic patterns for secret watermark generation. *Proceedings 2000 International Conference on Image Processing (Cat. No.00CH37101)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icip.2000.899230>
- Dutta, M. K., Singh, A., Soni, K. M., Burget, R., Riha, K. (2013). Watermark generation from fingerprint features for digital right management control. 2013 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2013.6614031>
- Dutta, M. K., Singh, A., Burget, R., Atassi, H., Choudhary, A., Soni, K. M. (2013). Generation of biometric based unique digital watermark from iris image. 2013 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2013.6614024>
- Zotin, A., Favorskaya, M. (2020). Application of bar coding for digital watermarking of video sequences based on frequency transforms. *Information and Control Systems*, 5, 12–23. doi: <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-5-12-23>
- Cho, D.-J. (2013). Study on Method of New Digital Watermark Generation Using QR-Code. 2013 Eighth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications. doi: <https://doi.org/10.1109/bwcca.2013.102>
- Li, D., Deng, L., Bhooshan Gupta, B., Wang, H., Choi, C. (2019). A novel CNN based security guaranteed image watermarking generation scenario for smart city applications. *Information Sciences*, 479, 432–447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.02.060>
- Mooney, A., Keating, J. G., Heffernan, D. M. (2006). A detailed study of the generation of optically detectable watermarks using the logistic map. *Chaos, Solitons & Fractals*, 30 (5), 1088–1097. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2005.09.029>
- Schöpf, H.-G. (1970). V. I. Arnold and A. Avez, *Ergodic Problems of Classical Mechanics*. (The Mathematical Physics Monograph Series) IX + 286 S. m. Fig. New York/Amsterdam 1968. W. A. Benjamin, Inc. Preis geb. \$ 14.75, brosch. \$ 6.95. *ZAMM - Zeitschrift Für Angewandte Mathematik Und Mechanik*, 50 (7-9), 506–506. doi: <https://doi.org/10.1002/zamm.19700500721>
- Peterson, G. (1997). Arnold's cat map. Available at: <http://anyflip.com/jwch/llux>
- Hsu, C. S. (1987). Cell-to-cell mapping: a method of global analysis for nonlinear systems. Springer, 354. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3892-6>
- Wu, J., Liao, X., Yang, B. (2018). Image encryption using 2D Hénon-Sine map and DNA approach. *Signal Processing*, 153, 11–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.06.008>
- Ye, G., Huang, X. (2017). An efficient symmetric image encryption algorithm based on an intertwining logistic map. *Neurocomputing*, 251, 45–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.04.016>
- Akhavan, A., Samsudin, A., Akhshani, A. (2011). A symmetric image encryption scheme based on combination of nonlinear chaotic maps. *Journal of the Franklin Institute*, 348 (8), 1797–1813. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2011.05.001>
- What is Tokenization? Available at: <https://www.tokenex.com/resource-center/what-is-tokenization>
- Makoveichuk, O., Ruban, I., Bolohova, N., Kovalenko, A., Martovytskyi, V., Filimonchuk, T. (2021). Development of a method for improving stability method of applying digital watermarks to digital images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (111)), 45–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235802>
- Bradley, D., Roth, G. (2007). Adaptive Thresholding using the Integral Image. *Journal of Graphics Tools*, 12 (2), 13–21. doi: <https://doi.org/10.1080/2151237x.2007.10129236>
- Makoveychuk, O. (2019). A new type of augmented reality markers. *Advanced Information Systems*, 3 (3), 43–48. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.3.06>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249462

### THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM FOR ARC NORDUGRID BASED GRID-COMPUTING ORGANIZATION USING VIRTUAL ENVIRONMENTS OF THE DOCKER PLATFORM (p. 117–124)

**Olga Prila**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0884-6516>

**Volodymyr Kazymyr**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8163-1119>

**Volodymyr Bazylevych**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8935-446X>

**Oleksandr Sysa**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8786-3439>

The study of modern frameworks and means of using virtualization in a grid environment confirmed the relevance of the task of automated configuration of the environment for performing tasks in a grid environment.

Setting up a task execution environment using virtualization requires the implementation of appropriate algorithms for scheduling tasks and distributed storage of images of virtual environments in a grid environment. Existing cloud infrastructure solutions to optimize the process of deploying virtual machines on computing resources do not have integration with the Arc Nordugrid middleware, which is widely used in grid infrastructures. An urgent task is

to develop tools for scheduling tasks and placing images of virtual machines on the resources of the grid environment, taking into account the use of virtualization tools.

The results of the implementation of services of the framework are presented that allow to design and perform computational tasks in a grid environment based on ARC Nordugrid using the virtual environment of the Docker platform. The presented results of the implementation of services for scheduling tasks in a grid environment using a virtual computing environment are based on the use of a scheduling algorithm based on the dynamic programming method.

Evaluations of the effectiveness of the solutions developed on the basis of a complex of simulation models showed that the use of the proposed algorithm for scheduling and replicating virtual images in a grid environment can reduce the execution time of a computational task by 88 %. Such estimates need further refinement; it is predicted that planning efficiency will increase over time with an increase in the number of running tasks due to the redistribution of the storage of virtual images.

**Keywords:** grid, cloud computing, virtualization, task scheduling, replication.

### References

- Di Meglio, A., Riedel, M., Memon, S. M., Loomis, C., Salomoni, D. (2011). Grids and Clouds Integration and Interoperability: an overview. Proceedings of The International Symposium on Grids and Clouds and the Open Grid Forum – PoS(ISGC 2011 & OGF 31). doi: <https://doi.org/10.22323/1.133.0112>
- Foster, I. (2002). What is the Grid? A Three Point Checklist. GRIDToday. Available at: <https://www.mcs.anl.gov/~itf/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>
- Mell, P. M., Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. NIST. doi: <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-145>
- ARC. NorduGrid. Available at: <http://www.nordugrid.org/>
- Krašovec, B., Filipčič, A. (2019). Enhancing the Grid with Cloud Computing. Journal of Grid Computing, 17 (1), 119–135. doi: <https://doi.org/10.1007/s10723-018-09472-w>
- Pogorilyy, S. D., Boyko, Y., Salnikov, A. O., Sliushar, Ie. A., Boretsky, O. (2017). Images of virtual machines running as grid tasks provisional configuration and formation. Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya: Informatyka, kibernetyka ta obchysliuvalna tekhnika, 2, 90–97. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npdntu\\_inf\\_2017\\_2\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npdntu_inf_2017_2_14)
- Haug, S., Sciacca, F. G. (2017). ATLAS computing on Swiss Cloud SWITCHengines. Journal of Physics: Conference Series, 898, 052017. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/898/5/052017>
- ATLAS Experiment. Available at: <https://atlas.cern/>
- Keahey, K., Riteau, P., Anderson, J., Zhen, Z. (2019). Managing Allocatable Resources. 2019 IEEE 12th International Conference on Cloud Computing (CLOUD). doi: <https://doi.org/10.1109/cloud.2019.00019>
- Donyagard Vahed, N., Ghobaei-Arani, M., Souri, A. (2019). Multiobjective virtual machine placement mechanisms using nature-inspired metaheuristic algorithms in cloud environments: A comprehensive review. International Journal of Communication Systems, 32 (14), e4068. doi: <https://doi.org/10.1002/dac.4068>
- Mohammad, S. G. (2019). A dynamic replication mechanism in data grid based on a weighted priority - based scheme. i-Manager's Journal on Cloud Computing, 6 (1), 9. doi: <https://doi.org/10.26634/jcc.6.1.15897>
- Chang, Y., Gu, C., Luo, F. (2016). A novel energy-aware and resource efficient virtual resource allocation strategy in IaaS cloud. 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC). doi: <https://doi.org/10.1109/compcomm.2016.7924911>
- Ashraf, A., Porres, I. (2017). Multi-objective dynamic virtual machine consolidation in the cloud using ant colony system. International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, 33 (1), 103–120. doi: <https://doi.org/10.1080/17445760.2017.1278601>
- Kazymyr, V., Prila, O., Kryshchenko, M. (2017). The use of dynamic virtual images in a grid environment with replication support. Technical Sciences and Technology, 3 (9), 88–97. doi: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-3\(9\)-88-97](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-3(9)-88-97)
- Prila, O., Kazymyr, V., Kryshchenko, M., Sysa, D. (2018). The technology of reliable task execution in grid environment using dynamic virtual images. 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). doi: <https://doi.org/10.1109/dessert.2018.8409109>
- Apache NetBeans. Available at: <https://netbeans.apache.org/>
- Git. URL: <https://git-scm.com/>
- Maven. Welcome to Apache Maven. Available at: <https://maven.apache.org/>
- GridSim. Available at: <https://swmath.org/software/1392>
- Prila, O. A. (2013). The algorithm of job scheduling in Grid environment based on the dynamic programming method. Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, 4 (69), 153–162.
- Prila, O. (2013). Framework for grid application development with support of different types of large-scale computing tasks. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (2 (64)), 8–14. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/16598>
- About Registry. Available at: <https://docs.docker.com/registry/introduction/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247187

### SYNTHESIS OF A PRECISION DOSING SYSTEM FOR LIQUID PRODUCTS BASED ON ELECTRO-PNEUMATIC COMPLEXES (p. 125–135)

**Oleksandr Gavva**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2938-0230>

**Liudmyla Kryvoplias-Volodina**

Lcd. CAMOZZI, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9906-6381>

**Sergii Blazhenko**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9152-4859>

**Serhii Tokarchuk**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8187-0854>

**Anastasiia Derenivska**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0032-7583>

This paper reports the construction of a mathematical model for the process of dosing liquid foods (non-carbonated drinking water). The model takes into consideration the differential equations of changes in the kinematic parameters of the liquid in a dosing device's channels and the corresponding accepted initial and boundary conditions of the process. The boundary conditions account for the influence of software-defined airlift dosing modes using the driver and the geometry of the product pipeline. The current's value measured in mA (with an accuracy of 0.001 mA) relative to the standard scale  $I_{min}$  is  $I_{max}=4...20$  mA.

Individual stages of the dosing process were analytically described, followed by the analysis of separate stages and accepted assumptions.

The accuracy achieved when testing the experimental sample of the dispenser, with the repetition of the dose displacement process, ranged between 0.35 % and 0.8 %.

The reported results are related to the established dosage weight of 50 ml when changing the initial level of liquid in the tank of the dosing feeder by 10 mm.

An experimental bench has been proposed for investigating the functional mechatronic dosing module under the software-defined modes to form and discharge a dose of the product. The bench operates based on proportional feedback elements (4–20 mA) for step and sinusoidal pressure control laws in the dosing device.

The control model with working dosing modes has been substantiated. The control models built are based on proportional elements and feedback.

During the physical and mathematical modeling, the influence of individual parameters on the accuracy of the product dose formation was determined; ways to ensure the necessary distribution of compressed air pressure, subject to the specified productivity of the dosing feeder, were defined. The study results make it possible to improve the operation of precision dosing systems for liquid products based on electro-pneumatic complexes.

**Keywords:** dose discharge, airlift system, excess pressure, feedback, dosing accuracy.

## References

- Yang, A., Pu, J., Wong, C. B., Moore, P. (2009). By-pass valve control to improve energy efficiency of pneumatic drive system. *Control Engineering Practice*, 17 (6), 623–628. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2008.10.013>
- Šešljija, D., Čajetinac, S., Blagojević, V., Šulc, J. (2018). Application of pulse width modulation and by-pass valve control for increasing energy efficiency of pneumatic actuator system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 232 (10), 1314–1324. doi: <https://doi.org/10.1177/0959651818780858>
- Kanno, T., Hasegawa, T., Miyazaki, T., Yamamoto, N., Haraguchi, D., Kawashima, K. (2018). Development of a Poppet-Type Pneumatic Servo Valve. *Applied Sciences*, 8 (11), 2094. doi: <https://doi.org/10.3390/app8112094>
- Lengerke, O., Martínez, C. V., Dutra, M. S. et. al. (2008). Mechatronics Design of a Low-Cost Packaging and Dosing Machine for Doughy Products. *ABCM Symposium Series in Mechatronics*, 3, 717–725. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/229040784\\_Mechatronics\\_Design\\_of\\_a\\_Low-Cost\\_Packaging\\_and\\_Dosing\\_Machine\\_for\\_Doughy\\_Products](https://www.researchgate.net/publication/229040784_Mechatronics_Design_of_a_Low-Cost_Packaging_and_Dosing_Machine_for_Doughy_Products)
- Balajka, J., Pavelec, J., Komora, M., Schmid, M., Diebold, U. (2018). Apparatus for dosing liquid water in ultrahigh vacuum. *Review of Scientific Instruments*, 89 (8), 083906. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5046846>
- Aboulhassan, M. A., Souabi, S., Yaacoubi, A., Baudu, M. (2006). Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3 (4), 327–332. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03325941>
- Tilahun, M., Beshaw, M. (2020). Customer's Perception and Preference towards Packaged Drinking Water. *The Scientific World Journal*, 2020, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/6353928>
- Lammerink, T. S. J., Elwenspoek, M., Fluitman, J. H. J. (1993). Integrated micro-liquid dosing system. [1993] *Proceedings IEEE Micro Electro Mechanical Systems*. doi: <https://doi.org/10.1109/memsys.1993.296913>
- Goubej, M., Schlegel, M. (2014). Robust PID Control of Electrical Drive with Compliant Load. *IFAC Proceedings Volumes*, 47 (3), 11781–11786. doi: <https://doi.org/10.3182/20140824-6-za-1003.01006>
- Lee, K. Y., El-Sharkawi, M. A. (Eds.) (2002). *Modern Heuristic Optimization Techniques with Applications to Power Systems*. IEEE Power Engineering Society. Available at: [http://web.ecs.baylor.edu/faculty/lee/front\\_rev.pdf](http://web.ecs.baylor.edu/faculty/lee/front_rev.pdf)
- Hu, X., Eberhart, R. C., Shi, Y. (2003). Engineering optimization with particle swarm. *Proceedings of the 2003 IEEE Swarm Intelligence Symposium. SIS'03 (Cat. No.03EX706)*, 53–57. doi: <https://doi.org/10.1109/sis.2003.1202247>
- Behbahani, S. (2007). *Practical and analytical studies on the development of formal evaluation and design methodologies for mechatronic systems*. University of British Columbia, 164. doi: <https://doi.org/10.14288/1.0080716>
- Kryvoplias-Volodina, L., Gavva, O., Derenivska, A. (2018). Optimization of the synthesis of packing machines by the efficiency criteria. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 24 (5), 115–123. doi: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-5-15>
- Yang, D., Li, J., Du, C., Jiang, H., Zheng, K. (2015). Injection Performance of a Gas-Solid Injector Based on the Particle Trajectory Model. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/871067>
- Gavva, O., Kryvoplias-Volodina, L., Yakymchuk, M. (2017). Structural-parametric synthesis of hydro-mechanical drive of hoisting and lowering mechanism of package-forming machines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (89)), 38–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111552>
- Viall, E. N., Qin Zhang. (2000). Determining the discharge coefficient of a spool valve. *Proceedings of the 2000 American Control Conference. ACC (IEEE Cat. No.00CH36334)*. doi: <https://doi.org/10.1109/acc.2000.879241>
- Yatsun, S. F. (2008) *Dinamicheskie rezhimy dvizheniya klapana pretzisionnogo dozatora zhidkih sred. Izv. vuzov. Seriya: «Mashinostroyeniye»*, 8, 37–48. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskie-rezhimy-dvizheniya-klapana-pretzisionnogo-dozatora-zhidkih-sred>
- Behbahani, S., de Silva, C. W. (2005). Use of mechatronic design quotient in multi-criteria design, *Proceedings of International Symposium on Collaborative Research in Applied Science (ISOCRIAS)*. Vancouver, 214–221.
- Borghi, M., Cantore, G., Milani, M., Paoluzzi, R. (1998). Analysis of hydraulic components using computational fluid dynamics models. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 212 (7), 619–629. doi: <https://doi.org/10.1243/0954406981521583>
- Zhang, T., Wei, C., Feng, C., Ren, Y., Wu, H., Preis, S. (2019). Advances in characteristics analysis, measurement methods and modelling of flow dynamics in airlift reactors. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 144, 107633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107633>
- Zhang, H., Liu, M., Wang, B., Wang, X. (2011). Dense gas-particle flow in vertical channel by multi-lattice trajectory model. *Science China Technological Sciences*, 55 (2), 542–554. doi: <https://doi.org/10.1007/s11431-011-4578-7>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248960

**DETERMINATION OF OPTIMAL CONTROL OF A VESSEL DIESEL ENGINE DURING NON-STATIONARY TRAFFIC REGIMES (p. 136–146)**

Anatolii Usov

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3965-7611>

**Mykola Slobodianiuk**

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2248-0255>

**Mark Nikolskyi**

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3387-7402>

The high pressure fuel system is the fundamental system that forms the indicator of the minimum fuel consumption per unit of the vessel's path.

The calculation of the optimal control of the vessel complex with the main diesel engine is performed according to the criterion of the minimum fuel consumption per unit path at a given average velocity of the vessel.

The propulsion of a vessel with a main diesel engine is described by equations. The equations contain a significant number of parameters, the reduction of which is performed by introducing dimensionless quantities, followed by bringing the equations into dimensionless forms. This made it possible to present a solution to the optimal control law for the main vessel diesel engine as part of the vessel complex.

Optimal control of the vessel complex under stormy navigation conditions has been investigated. The calculations of the control law of the vessel complex, which ensure the movement of the vessel with the maximum average velocity in conditions of stormy navigation, are presented. It is determined that the established law of control of the vessel complex ensures the minimum fuel consumption per mile at a given average velocity of its movement. The influence of a high-pressure fuel system on the optimal control of a vessel diesel engine has been investigated.

Thus, the calculated studies indicate that for all values of the parameters of the vessel complex according to the law of control of the fuel system  $\Phi = a + b \cdot C_2(\tau)$ , they give fuel savings up to 6 % per unit of way in comparison with the law of control of the vessel complex  $\Phi = a + b \cdot (c_1(\tau)/c_2(\tau))$ .

The obtained ratios during modeling and optimal control of the main diesel engine of the vessel complex allow using the dynamic programming method to analyze the fuel consumption per unit path with optimal control compared to the corresponding constant control.

**Keywords:** vessel complex, vessel diesel engine control, optimal-ity criteria, maximum average velocity.

**References**

- Holt, P., Nielsen, U. D. (2021). Preliminary assessment of increased main engine load as a consequence of added wave resistance in the light of minimum propulsion power. *Applied Ocean Research*, 108, 102543. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102543>
- Perera, L. P. (2016). Marine Engine Centered Localized Models for Sensor Fault Detection under Ship Performance Monitoring. *IFAC-PapersOnLine*, 49 (28), 91–96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.016>
- Lee, J.-H., Kim, Y., Kim, B.-S., Gerhardt, F. (2021). Comparative study on analysis methods for added resistance of four ships in head and oblique waves. *Ocean Engineering*, 236, 109552. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109552>
- Dubovoi, V. M., Kvietyi, R. N., Mykhalov, O. I., Usov, A. V. (2017). Modeliuvannia ta optymizatsiya system. Vynnytsia: Edelveis, 804. Available at: <https://www.twirpx.com/file/3385822/>
- Fisher, A., Thomson, J., Schwendeman, M. (2021). Rapid deterministic wave prediction using a sparse array of buoys. *Ocean Engineering*, 228, 108871. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108871>
- Campanile, A., Piscopo, V., Scamardella, A. (2018). Comparative analysis among deterministic and stochastic collision damage models for oil tanker and bulk carrier reliability. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 10 (1), 21–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2017.03.010>
- Sun, H., Dai, C., Li, S. (2018). Modelling and Composite Control of Fuel Quantity Actuator System for Diesel Engines. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (31), 807–812. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.124>
- Lu, Y., Zuo, Z., Zhao, C., Zhang, F., Du, M. (2018). Study on dynamic characteristics and control algorithm design for fuel metering valve of high-pressure pump. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (31), 930–935. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.061>
- Alegret, G., Llamas, X., Vejlgard-Laursen, M., Eriksson, L. (2015). Modeling of a Large Marine Two-Stroke Diesel Engine with Cylinder Bypass Valve and EGR System. *IFAC-PapersOnLine*, 48 (16), 273–278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.10.292>
- Usov, A. V., Slobodianiuk, N. V. (2020). Design and optimal management power aggregates of ship complex on non-stationary modes. *Applied questions of mathematical modeling*, 3 (1), 238–248. doi: <https://doi.org/10.32782/2618-0340/2020.1-3.24>
- Lang, X., Mao, W. (2020). A semi-empirical model for ship speed loss prediction at head sea and its validation by full-scale measurements. *Ocean Engineering*, 209, 107494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107494>
- Yum, K. K., Taskar, B., Pedersen, E., Steen, S. (2017). Simulation of a two-stroke diesel engine for propulsion in waves. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 9 (4), 351–372. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2016.08.004>
- Soloviev, A. V. (2018). The preconditions for the creation of a unified goal directed management of marine power plant. *Trudy NGTU im. R. E. Alekseeva*, 1 (120), 59–64. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-k-sozdaniyu-edinogo-tseleorientirovannogo-upravleniya-sudovoy-energeticheskoy-ustanovkoy>
- Obozov, A. A., Subbotenko, D. I., Tarakanov, V. V. (2014). Optimizatsiya protsessov v toplivnoy apparature dizelya s tsel'yu uluchsheniya ego ekonomicheskikh i ekologicheskikh harakteristik. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2 (42), 45–51. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsessov-v-toplivnoy-apparature-dizelya-s-tsel'yu-uluchsheniya-ego-ekonomicheskikh-i-ekologicheskikh-harakteristik/viewer>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244949**

**DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS AND OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF THE OIL HEATING STATION OF MAIN OIL PIPELINES UNDER CONDITIONS OF FUZZY INITIAL INFORMATION (p. 147–162)**

**Batyr Orazbayev**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan,  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2109-6999>

**Zhadra Moldasheva**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0559-3410>

**Kulman Orazbayeva**

Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1741-7553>

**Valentina Makhatova**

Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4082-9193>

**Lyailya Kurmangazyieva**

Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau,  
Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0640-7306>

**Aigul Gabdulova**

Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau,  
Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8753-2007>

The relevance of the study is substantiated by the fact that when managing the processes of oil transportation through main pipelines, it becomes necessary to determine and select the optimal operating modes of the oil pipeline units, taking into account the fuzziness of some part of the initial information. In this regard, solving the problem of multi-criteria selection of effective operating modes for an oil heating station for a hot oil pipeline system, which is often described in a fuzzy environment, based on the apparatus of fuzzy set theories, is an urgent scientific and practical problem. A method for the synthesis of models in the conditions of fuzzy output parameters of the object has been developed, with the help of which fuzzy models of the investigated oil heating station of the main oil pipeline have been built. Based on the modification and combination of various optimality principles, mathematical formulations of the problem of multi-criteria selection of effective operating modes for an oil heating station in a fuzzy environment are obtained. By modifying and adapting the principles of guaranteed results and equality in a fuzzy environment, a heuristic method has been developed for solving the formulated problem of selecting object's operation modes using the initial fuzzy information. The proposed heuristic method for multi-criteria selection in a fuzzy environment is based on the use of the experience and knowledge of the decision-maker. The proposed approach is implemented in the formulation and solution of the problem of multi-criteria selection of operating modes of the oil heating station in Atyrau of the Uzen-Atyrau-Samara main oil pipeline. As a result of the application of the proposed method, an improvement in the degree of fulfillment of a fuzzy restriction on environmental impact was achieved by 2 %, as well as the optimal values of the operating parameters of the object were improved: the temperature was reduced by 1.85 % (5.67 K), pressure – by 0.04 % (kPa) and fuel consumption – by 2.9 % (0.0002 kg/s). The obtained results have confirmed the effectiveness of the proposed approach to solving the assigned tasks.

**Keywords:** mathematical models, optimization, multi-criteria selection, main oil pipelines, oil heating station, fuzzy information, decision-maker, heuristic method.

**References**

- Lur'e, M. V. (2012). *Matematicheskoe modelirovanie processov truboprovodnogo transporta nefi, nefteproduktov i gaza*. Moscow: RGU nefi i gaza im. I.M. Gubkina, 456. Available at: <https://www.twirpx.com/file/2089034/>
- Seleznev, V. E., Pryalov, S. N. (2018). *Metody postroeniya modeley techeniy v magistral'nyh truboprovodah*. Moscow: Editorial, 560. Available at: <https://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=4337958>
- Vaynshtok, S. M. (2015). *Truboprovodnyy transport nefi*. Moscow: OOO «Nedra-Biznescentr», 407.
- Gucykova, S. (2011). *Metod ekspertnyh ocenok. Teoriya i praktika*. Moscow: Kogito-Centr, 144. Available at: <https://www.labirint.ru/books/295292/>
- Brovkin, L. A., Korotin, A. N., Krylov, L. V. et. al. (2017). *Matematicheskoe modelirovanie i proektirovanie promyshlennyh pechey*. Ivanova: IGU, 358.
- Arutyanyan, V. A., Buhmirov, V. V., Krupenikov, S. A. (2012). *Matematicheskoe modelirovanie teplovoy raboty promyshlennyh pechey*. Moscow: Metallurgiya, 245. Available at: <https://www.twirpx.com/file/645128/>
- Adel'son, S. V., Bavshin, C. A. (2015). *Trubchatye pechi s izluchayuschimi stenkami topki*. Moscow: GOSINTI, 196.
- Ziganshin, G. K. (2010). *Tehnologicheskii raschet trubchatoy pechi na EVM*. Ufa: Izd. UGNTU, 100.
- Tausheva, E. V., Taushev, V. V., Telyashev, E. G. (2012). Pat. No. 2483096 RU. *Trubchataya pech'*. declared: 07.02.2012; published: 27.05.2013.
- Rodin, A. A. (2017). *Optimizatsiya transporta vysokovyazkih nefey s podogrevom i primeneniem uglevodorodnyh razbaviteley*. Moscow, 28.
- Arslanov, A. A. (2017). *Matematicheskie modeli trubchatykh pechey*. Moscow, 147.
- Zamani Sabzi, H., King, J. P., Abudu, S. (2017). Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: A case study. *Expert Systems with Applications*, 83, 145–163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.039>
- Dubois, D. (2011). The role of fuzzy sets in decision sciences: Old techniques and new directions. *Fuzzy Sets and Systems*, 184 (1), 3–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2011.06.003>
- Suleymenov, B. A., ZHunisbekov, M. Sh., Sugurova, L. A., Suleymenov, A. B. (2014). *Intellektual'nye i gibridnye sistemy upravleniya tehnologicheskimi processami: teoriya, metody i prilozheniya*. Vestnik nauki Kostanayskogo social'no-tehnicheskogo universiteta imeni akademika Zulharnay Aldamzhar. Available at: <https://articlekz.com/article/28692>
- Ryzhov, A. P. (2017). *Teoriya nechetkikh mnozhestv i ee prilozheniy*. Moscow: Izd-vo MGU, 115.
- Pavlov, S. Y., Kulov, N. N., Kerimov, R. M. (2014). Improvement of chemical engineering processes using systems analysis. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 48 (2), 117–126. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579514020109>
- Reverberi, A. P., Kuznetsov, N. T., Meshalkin, V. P., Salerno, M., Fabiano, B. (2016). Systematical analysis of chemical methods in metal nanoparticles synthesis. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 50 (1), 59–66. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579516010127>
- Kenzhebaeva, T. S., Orazbayev, B. B., Abitova, G. A., Orazbayeva, K. N., Spichak, Y. V. (2017). Study and design of mathematical models for chemical-technological systems under conditions of uncertainty based on the system analysis. *Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 776–790. Available at: <http://www.ieomsociety.org/ieomuk/papers/183.pdf>
- Gmurman, V. E. (2016). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Moscow: Vysshee obrazovanie, 479. Available at: <https://urait.ru/book/teoriya-veroyatnostey-i-matematicheskaya-statistika-370815>
- Zhao, Z.-W., Wang, D.-H. (2012). Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model. *Mathematical and Computer Modelling*, 56 (7-8), 152–166. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.12.002>
- Karmanov, F. I., Ostreykovskiy, V. A. (2019). *Statisticheskie metody obrabotki eksperimental'nykh dannykh s ispol'zovaniem paketa MathCad*. Moscow: Infra-M, 208. Available at: <https://znanium.com/catalog/document?id=355561>
- Orazbayev, B., Ospanov, E., Kissikova, N., Mukataev, N., Orazbayeva, K. (2017). Decision-making in the fuzzy environment on the basis of various compromise schemes. *Procedia Computer Science*, 120, 945–952. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.330>
- Biegler, L. T., Lang, Y., Lin, W. (2014). Multi-scale optimization for process systems engineering. *Computers & Chemical Engineering*, 60, 17–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2013.07.009>

24. Chen, Y., He, L., Li, J., Zhang, S. (2018). Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty. *Computers & Chemical Engineering*, 109, 216–235. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.11.014>
25. Yudin, D. B. (1989). *Vychislitel'nye metody teorii prinyatiya resheniy*. Moscow: Nauka, 320. Available at: <https://www.twirpx.com/file/102264/>
26. Orazbayev, B. B., Shangitova, Z. Y., Orazbayeva, K. N., Serimbetov, B. A., Shagayeva, A. B. (2020). Studying the Dependence of the Performance Efficiency of a Claus Reactor on Technological Factors with the Quality Evaluation of Sulfur on the Basis of Fuzzy Information. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 54 (6), 1235–1241. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579520060093>
27. Valeev, S. G. (1991). Regression modelling in observations treatment. Moscow: Nauka, 272. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25354868>
28. Fuzzy Logic Toolbox. Available at: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/>
29. Orazbayev, B., Ospanov, Y., Orazbayeva, K., Makhatova, V., Kurmangaziyeva, L., Utenova, B. et. al.; Orazbayev, B., Ospanov, Y. (Eds.) (2021). System concept for modelling of technological systems and decision making in their management. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 180. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-34-3>
30. Orazbayev, B. B., Orazbayeva, K. N., Utenova, B. E., Shagayeva, A. B., Kassimova, B. R. (2020). Multi-criteria selection of operating modes of main pipeline units during oil transportation with fuzzy information. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 331 (12), 105–116. doi: <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/12/2944>
31. Orazbayev, B., Assanova, B., Bakiyev, M., Krawczyk, J., Orazbayeva, K. (2020). Methods of model synthesis and multi-criteria optimization of chemical-engineering systems in the fuzzy environment. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98 (6), 1021–1036. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083790104&origin=resultslist>
32. Orazbayev, B. B., Ospanov, E. A., Orazbayeva, K. N., Kurmangaziyeva, L. T. (2018). A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Conditions. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 10 (6), 748–758. doi: <https://doi.org/10.1134/s2070048219010125>
33. Bogdanov, R. M. (2014). Program complex for modelling of operation of the main pipelines. *Oil and Gas Business*, 1, 166–177. doi: <https://doi.org/10.17122/ogbus-2014-1-166-177>
34. Bogdanov, R. M., Lukin, S. V. (2010). Pat. No. 2011611173 RU. *Opreделение ryada optimal'nyh rezhimov raboty magistral'nyh truboprovodov pri vybrannyh kriteriyah optimal'nosti (OROR-MT)*». Zaregistr. v Reestre programm dlya EVM po zayavke No. 2010617845 ot 4.02.2011 g.
35. Gol'yanov, A. I., Gol'yanov, A. A., Kutukov, S. E. (2017). Obzor metodov ocenki energoeffektivnosti magistral'nyh nefteprovodov. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov*, 4 (110), 156–170.
36. Gol'yanov, A. I., Gol'yanov, A. A. (2016). *Faktery, vliyayushchie na energoeffektivnost' raboty nefteprovodov*. *Truboprovodnyy transport – 2016: Materialy XI Mezhdunarodnoy uchebno-nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ufa: Izd-vo UGNTU, 47–49.
37. Grossmann, I. E. (2014). Challenges in the application of mathematical programming in the enterprise-wide optimization of process industries. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 48 (5), 555–573. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040579514050182>
38. Novak, N., Louli, V., Skouras, S., Voutsas, E. (2018). Prediction of dew points and liquid dropouts of gas condensate mixtures. *Fluid Phase Equilibria*, 457, 62–73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2017.10.024>
39. Afanas'ev, I. A., Gaysin, E. Sh., Frolov, Yu. A. (2018). Modelirovanie migracii nefi (nefteproduktov) pri avariynyh razlivah na magistral'nyh truboprovodah. *Truboprovodnyy transport – 2018: tezisy dokladov XIII Mezhdunarodnoy uchebno-nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ufa, 11–13. Available at: <https://rusoil.net/files/2018-05/Sbornik-tez-Truboprov-transport-2018.pdf>
40. Baronets, V. D., Grechikhin, M. A. (1992). A model for representing the membership function in expert systems. *Automation and Remote Control*, 53 (6), 921–925.
41. Valiakhmetov, R. I., Yamaliev, V. U., Shubin, S. S., Alferov, A. V. (2018). Application of heuristic algorithms in analyzing data to solve the problem of detection of electric centrifugal pumping units. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 329 (2), 159–167. Available at: [http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/46406/1/bulletin\\_tpu-2018-v329-i2-15.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/46406/1/bulletin_tpu-2018-v329-i2-15.pdf)
42. Tussupov, J., La, L., Mukhanova, A. (2014). A model of fuzzy synthetic evaluation method realized by a neural network. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 8, 103–106. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/295492008\\_A\\_model\\_of\\_fuzzy\\_synthetic\\_evaluation\\_method\\_realized\\_by\\_a\\_neural\\_network](https://www.researchgate.net/publication/295492008_A_model_of_fuzzy_synthetic_evaluation_method_realized_by_a_neural_network)
43. Pershin, Yu. (1994). Pareto-optimal and lexicographic solutions of mixed-integer problems that are linear with respect to continuous variables. *Automation and Remote Control*, 55 (2), 263–270.
44. *Simulation Method Aids Pigging Operation in Subsea Waxy Crude Oil Pipelines – A Case Study*. Available at: <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=NART77213912>
45. Gruzin, A. V., Tokarev, V. V., Shalai, V. V., Logunova, Y. V. (2015). The Artificial Additives Effect to Soil Deformation Characteristics of Oil and Oil Products Storage Tanks Foundation. *Procedia Engineering*, 113, 158–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.311>
46. Leonenkov, A. (2005). *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH*. Sankt-Peterburg: BHV, 736.
47. Buhvalova, V. V. (2017). *Paket prikladnyh programm FinPlus dlya resheniya zadach matematicheskogo programmirovaniya*. Sankt-Peterburg: BHV, 327.
48. Tazabekov, M. N., Muhambetkaliev, K. I. (2015). *Modelirovanie, optimal'noe planirovanie i upravlenie magistral'nymi nefteprovodami*. Almaty: Evero, 118.



**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243715****РОЗРОБКА Нечіткої GERT-МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕНИХ вразливостей ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (с. 6–18)****С. Г. Семенов, Zhang Liqiang, Cao Weiling, С. С. Бульба, В. Г. Бабенко, В. В. Давидов**

Визначено актуальність питання підвищення точності результатів математичного моделювання процесу тестування безпеки програмного забезпечення. Проведено аналіз методів нечіткого GERT-моделювання. Визначено необхідність і можливість підвищення точності результатів математичної формалізації процесу дослідження вразливостей програмного забезпечення в умовах нечіткості вхідних і проміжних даних. З цією метою на основі математичного апарату нечіткого мережевого моделювання розроблено нечітку GERT-модель дослідження вразливостей програмного забезпечення. Відмінною особливістю даної моделі є врахування імовірнісних хах характеристик переходів зі стану в стан поряд з часовими характеристиками. В рамках моделювання виконані наступні етапи дослідження. Для схематичного опису процедур досліджень вразливостей програмного забезпечення розроблена структурна модель даного процесу. Розроблено «еталонна GERT-модель» досліджень вразливостей програмного забезпечення. При цьому даний процес був описаний у вигляді стандартної GERT-мережі. Удосконалено алгоритм еквівалентних перетворень GERT-мережі, що відрізняється від відомих урахуванням можливостей розширеного спектру типових структур паралельних гілок між сусідніми вузлами. Представлені аналітичні вирази для розрахунку середнього часу перебування в гілках і ймовірності успішного завершення досліджень в кожному вузлі. Проведено розрахунок зазначених імовірнісно-часових характеристик відповідно до даних спрощеної еквівалентної нечіткої GERT-мережі процесу досліджень вразливостей програмного забезпечення. Проведено порівняльні дослідження для підтвердження точності та достовірності отриманих результатів. Результати експерименту показали, що у порівнянні з еталонною моделлю знижено нечіткість вихідної характеристики часу проведення досліджень вразливостей програмного забезпечення, що надало можливість підвищити точність результатів моделювання.

**Ключові слова:** програмне забезпечення, тестування безпеки, нечітка GERT-модель, кіберзагроза, вразливість програмного забезпечення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248673****РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НА ОСНОВІ ЗАГАЛЬНОДОСТУПНИХ ДЖЕРЕЛ (с. 19–29)****Ю. Є. Татарінова, О. І. Синельникова**

Одним з ключових процесів у галузі розробки програмного забезпечення та управління інформаційною безпекою є оцінка ризиків вразливостей. Було проаналізовано основні можливості та недоліки існуючих систем оцінки ризиків вразливості в програмному забезпеченні, до яких можна віднести відсутність врахування впливу трендів та ступеню популярності вразливості на кінцеву оцінку.

В процесі дослідження була проаналізована наступна інформація у структурованому вигляді: вектор загальної системи оцінки вразливості, тип загрози, вектор атаки, наявність вихідного коду з виправленнями, програми експлуатації, тренд. Отриманий результат дозволив виділити основні незалежні характеристики, наявність кореляції між параметрами, порядок і схеми взаємозв'язків між основними величинами, які впливають на підсумкове значення оцінки впливу уразливості на систему.

Було сформовано набір даних з формалізованими характеристиками, а також експертною оцінкою для подальшої побудови математичної моделі. Був проведений аналіз різних підходів і методів машинного навчання для побудови цільової моделі динамічної оцінки ризику: нейро-нечітка логіка, алгоритми регресійного аналізу, нейро-мережеве моделювання.

Розроблено математичну модель динамічної оцінки ризику уразливості в програмному забезпеченні, заснована на динаміці поширення інформації про вразливість у відкритих джерелах та багатовимірній моделі з точністю оцінки 88,9%. Використання отриманої моделі дозволяє скоротити час аналізу від декількох годин до декількох хвилин та прийняти більш ефективне рішення щодо встановлення порядку пріоритетності виправлень, уніфікувати дії експертів, знизити витрати на управління ризиками інформаційної безпеки.

**Ключові слова:** управління ризиками, інформаційна безпека, машинне навчання, оцінка вразливостей, метрики ризику.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249313****РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ОЦІНКИ СОЦІАЛЬНОГО ВПЛИВУ В РЕГІОНАЛЬНИХ СПІЛЬНОТАХ (с. 30–43)****С. П. Євсєєв, Ю. М. Рябуха, О. В. Мілов, С. В. Мілевський, С. С. Погасій, Є. В. Іванченко, И. С. Іванченко, Є. О. Меленті, І. Р. Опірський, І. В. Пасько**

Розвиток соціального аспекту світового співтовариства тісно пов'язаний із розширенням спектра цифрових послуг у кіберпросторі. Особливе місце в якому займають соціальні мережі. Провідними державами світу у цьому середовищі проводяться інформаційні

операції задля досягнення геополітичних цілей. Такі процеси відбиваються на реальному суспільному та політичному житті. Це дозволяє не тільки впливати на соціальні групи суспільства, а й забезпечувати маніпуляцію у політичних “іграх”, під час гібридних війн.

Однчасна взаємодія соціальних факторів, факторів впливу, наявності угруповань у соціальних мережах формує повноцінну соціокиберфізичну систему, здатну інтегрувати реальні та віртуальні взаємодії для управління регіональними спільнотами.

У статті пропонується метод прогнозування оцінки соціального взаємного впливу між “формальними” та “неформальними” лідерами та регіональними соціумами. Запропоновані моделі дозволяють сформулювати не тільки прогноз впливу агентів, але і взаємодію різних агентів з урахуванням їх формальних і неформальних впливів, використання адміністративного ресурсу, політичних настроїв регіонального соціуму. Такий підхід дозволяє здійснювати динамічне моделювання на основі аналізу факторів впливу та взаємозв'язків.

Представлені результати імітаційного моделювання не суперечать результатам соціологічних опитувань і дозволяють сформулювати комплекс заходів, які можуть бути спрямовані на подолання негативного впливу на регіональний соціум як окремих “лідерів”, так і політичних партій. Аналіз результатів моделювання дозволяє підвищити як політичну, так і соціальну стабільність регіонального соціуму, сприяє запобіганню виникнення конфліктних настроїв і протиріч.

**Ключові слова:** соціокиберфізична система, соціальні мережі, моделі впливу, рейтинг політичних партій, регіональний соціум.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248506**

### **РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТУПУ ДО ДОКУМЕНТІВ У НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ (с. 44–58)**

**Sandugash Serikbayeva, Jamalbek Tussupov, Madina Sambetbayeva, Gaukhar Muratova, Mukhtar Makhanov, Gaukhar Borankulova, Aigerim Yerimbetova**

У роботі розглядаються загальні питання організації доступу до електронних документів в рамках науково-освітньої діяльності.

Великі обсяги вже наявної інформації, її безперервне зростання, неоднорідність зберігання та поширення, відсутність єдиного способу роботи з нею створюють безліч труднощів під час її використання. Усвідомлення цих труднощів, якісні зміни у сфері інформаційних технологій та телекомунікацій призвели до необхідності вирішення проблеми пошуку нових підходів до створення сховищ інформаційних ресурсів, їхньої структури та розробки необхідних для користувачів інструментів. Нині такі підходи називаються «цифровими» або «електронними» бібліотеками.

Згідно з попередньою концепцією, інтелектуальний науково-освітній інтернет-ресурс являє собою доступну через Інтернет інформаційну систему, що забезпечує систематизацію та інтеграцію наукових знань, даних та інформаційних ресурсів в єдиний інформаційний простір, повноцінний та ефективний доступ до них, а також підтримку їхнього використання під час вирішення різних науково-освітніх завдань.

Ще однією проблемою організації ефективного інформаційного забезпечення науково-освітньої діяльності є те, що в силу свого розмаїття і багатовимірності науково-освітні інформаційні ресурси розосереджені на віддалених сторінках багатьох сайтів, а також в розподілених електронних бібліотеках та архівах. Для вирішення цієї проблеми необхідно вирішити задачу об'єднання ресурсів, що відносяться до однієї галузі знань, в єдиний інформаційний простір, а також, що не менш важливо, підтримати їх логічну цілісність. Без вирішення цих двох взаємопов'язаних завдань неможливо вирішити головне завдання – забезпечити всім учасникам науково-освітньої діяльності повноцінний доступ до комплексних інформаційних ресурсів та засобів їхнього аналізу.

Підтримка інформаційних систем у сфері науково-освітньої діяльності є актуальною завдяки постійно існуючій потребі в інформації. Для задоволення цієї потреби необхідна організація доступу до різних ресурсів.

**Ключові слова:** інформаційні системи, інформаційні ресурси, доступ, документ, розподілений, метадані.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248698**

### **РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ НАДЛИШКОВОЇ ІНФОРМАТИВНОСТІ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ (с. 59–70)**

**П. О. Приставка, К. К. Духновська, О. І. Ковтун, О. О. Лещенко, О. Г. Чолишкіна, А. К. Жултинська**

Розроблено інформаційну технологію, що реалізує оцінювання надлишкової інформації з використанням методів попередньої обробки та сегментації цифрових зображень. Запропоновано метрику для оцінювання надлишковості інформації, що містить фотознімок, за використанням підходу на основі варіабельності текстур. На прикладі даних аерозйомки проведено практичну апробацію та дослідження запропонованої оцінки.

Цифрові зображення, сформовані різними оптико-електронними засобами, спотворюються під впливом перешкод різного характеру. Ці перешкоди ускладнюють як візуальний аналіз зображень людиною, так їх автоматичну обробку. Рішення проблеми можливо отримати завдяки попередній обробці, яка призведе до підвищення інформативності даних цифрового зображення при загальному зменшенні контенту.

Проведено експериментальне дослідження залежності інформативності зображень від результатів накладання попередніх фільтрів обробки цифрових зображень в залежності від значень параметрів методів. Встановлено, що застосування алгоритмів аналізу з використанням ковзного вікна дозволяє істотно збільшити роздільну здатність аналізу в часовій області при збереженні досить високої здатності в частотній області. Введена метрика може мати застосування в задачах комп'ютерного зору, машинного та глибокого навчання, при розробці інформаційних технологій розпізнавання образів. Перспективною є завдання підвищення

оперативності обробки результатів моніторингу за допомогою автоматизації обробки одержуваних даних з метою виявлення інформативних областей. Що дозволить скоротити час візуального аналізу даних. Введена метрика може мати використання при розробці автоматизованих систем розпізнавання даних повітряного спостереження.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, розпізнавання образів, інформативність цифрового зображення, попередня обробка зображення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246706**

### **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ БУР'ЯНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (с. 70–85)**

**Baydaulet Urmashev, Zholdas Buribayev, Zhazira Amirgalieva, Aisulyu Ataniyazova, Mukhtar Zhassuzak, Amir Turegali**

Виявлення бур'янів на етапах вирощування має важливе значення для виявлення та профілактики хвороб рослин і усунення значних втрат врожаю. Традиційні методи здійснення цього процесу, окрім впливу на робітників шкідливих хімічних речовин, вимагають великих витрат і людських ресурсів. Для вирішення вищевказаних задач, а також з метою економії гербіцидів і пестицидів, отримання екологічно чистої продукції, запропоновано програму виявлення сільськогосподарських шкідників з використанням класичних алгоритмів k-найближчих сусідів, випадкового лісу і дерева рішень, а також нейронної мережі YOLOv5. Після аналізу географічних районів країни із зображень зібраних бур'янів була сформована власна база даних з більш ніж 1000 зображень для кожного класу. Наводиться короткий огляд наукових робіт дослідників, що описують розроблені ними методи виявлення, класифікації та розпізнавання бур'янів на основі алгоритмів машинного навчання, згорткових нейронних мереж і алгоритмів глибокого навчання. В результаті проведених досліджень була розроблена система виявлення бур'янів на основі архітектури YOLOv5 і отримані оцінки якості вищевказаних алгоритмів. За результатами оцінки точність виявлення бур'янів класифікаторами k-найближчих сусідів, випадкового лісу і дерева рішень складала 83,3 %, 87,5 % і 80 %. У зв'язку з тим, що зображення бур'янів кожного виду відрізняються за роздільною здатністю і рівнем освітленості, результати роботи нейромережі мають відповідні показники в межах 0,82–0,92 для кожного класу. Кількісні показники, отримані на основі реальних даних, показують, що запропонований підхід може забезпечити хороші результати при класифікації зображень бур'янів з низькою роздільною здатністю.

**Ключові слова:** сільське господарство, бур'яни, машинне навчання, YOLOv5, сегментація, метод Оцу, класифікація, оцінка алгоритму.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248390**

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СЕМАНТИЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ МОНІТОРИНГУ НА АЕРОФОТОЗНІМКАХ (с. 86–95)**

**В. І. Слюсар, М. М. Проценко, А. А. Чернуха, В. В. Мелькіц, О. І. Петрова, М. М. Кравцов, С. В. Вельма, Н. В. Косенко, О. В. Сидоренко, М. О. Соболев**

Розглянуто модель нейронної мережі для семантичної сегментації зображень об'єктів моніторингу на аерофотознімках. Безпілотні літальні апарати здійснюють моніторинг об'єктів шляхом аналізу (обробки) аерофотознімків та відеопотоку. Результати аерофотозйомки обробляються оператором у ручному режимі, але є об'єктивні труднощі, пов'язані з обробкою оператором великої кількості аерофотознімків, тому доцільно цей процес автоматизувати. Аналіз моделей показав, що для виконання завдання семантичної сегментації зображень об'єктів моніторингу на аерофотознімках в якості базової моделі найбільш підходить модель U-Net (Німеччина), яка є нейронною мережею. Дану модель вдосконалено шляхом використання вейвлет шару та застосування оптимальних значень параметрів навчання моделі: швидкість (крок) – 0,001, число епох – 60, алгоритм оптимізації – Adam. Навчання проводилося набором сегментованих зображень, які підготовлені з аерофотознімків (роздільною здатністю 6000×4000 пікселів) програмою Image Labeler середовища математичного моделювання MATLAB R2020b (США). В результаті отримано нову модель семантичної сегментації зображень об'єктів моніторингу на аерофотознімках із запропонованою назвою U-NetWavelet.

Проведено дослідження ефективності вдосконаленої моделі на прикладі обробки 80 аерофотознімків. В якості показників ефективності моделі обрані: точність; чутливість; помилка сегментації. Використання модифікованого вейвлету шару дозволило адаптувати розмір аерофотознімка до параметрів вхідного шару нейронної мережі, підвищити оперативність сегментації зображень на аерофотознімках, а застосування згорткової нейронної мережі дозволило автоматизувати даний процес.

**Ключові слова:** семантична сегментація зображень, згорткова нейронна мережа, аерофотознімок, безпілотний літальний апарат.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249278**

### **АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗРОСТАННЯ ПШЕНИЦІ В РІЗНІ ВЕГЕТАЦІЙНІ ПЕРІОДИ (с. 96–102)**

**Yerzhanova Akbota, Kassymova Akmaral, Abdikerimova Gulzira, Abdimomynova Manshuk, Tashenova Zhuldyz, Nurlybaeva Elmira**

У статті представлено методику дослідження космічних зображень, засновану на аналізі коефіцієнта спектральної яскравості (КСЯ) космічних зображень земної поверхні.

Розпізнавання видів рослин, ґрунтів та територій за супутниковими знімками – прикладне завдання, що дозволяє реалізувати багато процесів у сільському господарстві та автоматизувати діяльність фермерів та великих господарств. Основним інструментом

аналізу даних супутникових знімків є кластеризація даних, що однозначно ідентифікують бажані об'єкти та зміни, пов'язані з різними причинами.

На основі даних, отриманих в ході експериментів з отримання чисельних значень КСЯ, виявлено закономірності поведінки процесів відображення рослинності, факторів, що перешкоджають нормальному зростанню рослин, та запропонованої кластеризації спектральних діапазонів поширення хвиль, які можуть використовуватися для визначення типу об'єктів, що розглядаються. Розпізнавання цих причин шляхом аналізу супутникових зображень КСЯ дозволить створити інформаційну систему для моніторингу стану рослин та подій для усунення негативних причин. Дані КСЯ розділені на діапазони, що не перекриваються, тобто. вони утворюють кластери, що відбивають нормальний розвиток видів рослин та відхилення, пов'язані з негативними причинами. Якщо є відхилення, існує алгоритм, який визначає причину відхилення і пропонує план дій з усунення дефекту.

Слід зазначити, що розподіл спектрів яскравості залежить від кліматичних та географічних умов виду рослин і є унікальним для кожного регіону. Це дослідження відноситься до Акмолінської області, де вирощують зернові культури.

**Ключові слова:** коефіцієнт спектральної яскравості, мультиспектральні зображення, Landsat-8, корекція атмосфери, довжина хвилі, діапазон, кадастровий номер.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246641**

### **РОЗРОБКА МЕТОДІВ ГЕНЕРАЦІЇ СТІЙКОГО ДО СПОТВОРЕНЬ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКУ (с. 103–116)**

**В. О. Мартовицький, І. В. Рубан, Н. М. Бологова, О. В. Северінов, О. Д. Журило, О. Ю. Пермяков, А. М. Носик, Д. М. Непокритов, І. М. Криленко**

Активні атаки і природні впливи можуть привести до двох видів спотворень контейнера-зображення: шумоподібних і геометричних. Існують також і набагато більш згубні для цифрових водяних знаків (ЦВЗ) операції обробки зображень, наприклад, масштабування, повороти, усічення, перестановка пікселів. Якщо забезпечення стійкості до атак видалення та геометричних атак є більш-менш вирішеним завданням, то забезпечення стійкості до локальних змін зображення та часткового видалення зображення все ще мало вивчено. Методи, розглянуті в статті, спрямовані на забезпечення стійкості до атак часткової втрати зображення або локальних змін в зображенні. Метою даної роботи є розробка методів генерації стійкого до спотворень цифрового водяного знаку з використанням теорії хаосу. Це дасть можливість збільшити стійкість методів вбудови цифрових водяних знаків до певного класу атак, що в свою чергу дозволить розробникам методів вбудови ЦВЗ зосередитися на забезпеченні стійкості методу до інших типів атак. Проведено експериментальне дослідження щодо запропонованих методів. Гістограми ЦВЗ показали, що запропоновані методи забезпечують генерацію ЦВЗ випадкової незрозумілої форми. Але метод заснований на комбінації карт kota Арнольда та карт Генона має помітні піки, на відміну від методу, який заснований на перемішуванні пікселів та їх біт тільки за допомогою карт kota Арнольда. Це свідчить про те, що метод заснований тільки на картах kota Арнольда має більш хаотичний характер. Про це також свідчить і значення коефіцієнта кореляції між сусідніми пікселями, який наближається до 0 і дорівнює 0.0109 для кольорових ЦВЗ та 0.030 для чорно-білих зображень.

**Ключові слова:** цифрові водяні знаки, хаотичні карти, карти Генона, карти kota Арнольда.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249462**

### **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ GRID-ОБЧИСЛЕНЬ НА БАЗІ ARC NORDUGRID З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНИХ ОТОЧЕНЬ ВИКОНАННЯ ПЛАТФОРМИ DOCKER (с. 117–124)**

**О. А. Пріла, В. В. Казимир, В. М. Базилевич, О. О. Сиса**

Проведене дослідження сучасних фреймворків та засобів застосування віртуалізації в grid-середовищі підтвердило актуальність задачі автоматизованого налаштування оточення виконання задач у grid-середовищі.

Налаштування оточення виконання задач з використанням віртуалізації становить необхідність впровадження відповідних алгоритмів планування задач та розподіленого збереження образів віртуальних оточень у grid-середовищі. Існуючі рішення для хмарних інфраструктур щодо оптимізації процесу розгортання віртуальних машин на обчислювальних ресурсах не мають інтеграції з проміжним програмним забезпеченням Arc Nordugrid, що широко використовується в grid-інфраструктурах. Актуальною задачею є розробка засобів планування задач та розміщення образів віртуальних машин на ресурсах grid-середовища з урахуванням використання засобів віртуалізації.

Представлено результати реалізації сервісів фреймворку, що дозволяють проектувати та виконувати обчислювальні задачі у grid-середовищі на базі Arc Nordugrid з використанням віртуального оточення виконання платформи Docker. Наведені результати реалізації сервісів планування задач у grid-середовищі з використанням віртуального оточення виконання засновані на використанні алгоритму планування на базі методу динамічного програмування.

Оцінки ефективності розроблених рішень на базі комплексу імітаційних моделей показали, що використання запропонованого алгоритму планування та реплікації віртуальних образів в grid-середовищі дозволяє скоротити час виконання обчислювальної задачі на 88 %. Такі оцінки потребують подальшого уточнення, прогнозується підвищення ефективності планування із часом при збільшенні кількості запущених задач за рахунок перерозподілу сховища віртуальних образів.

**Ключові слова:** grid, хмарні обчислення, віртуалізація, планування задач, реплікація.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247187****СИНТЕЗ ПРЕЦИЗІЙНОЇ СИСТЕМИ ДОЗУВАННЯ РІДКИХ ПРОДУКТІВ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ (с. 125–135)****О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. І. Блаженко, С. В. Токарчук, А. В. Деренівська**

Розроблено математичну модель процесу дозування рідких продуктів (питна вода негазована). Модель враховує диференціальні рівня змін кінематичних параметрів рідини у каналах дозатора та відповідні прийняті початкові і граничні умови процесу. Граничні умови враховують вплив програмно встановлених режимів ерліфтного дозування за допомогою драйвера та геометрію продуктопроводу. Виміряне значення струму в мА (із точністю 0,001 мА) по відношенню до стандартної шкали  $I_{\min}$ ,  $I_{\max}=4...20$  мА.

Сформовано аналітичний опис окремих етапів процесу дозування із подальшим аналізом окремих етапів та прийнятих допусків

Отримана під час випробувань експериментального зразка дозатора точність повторювань витиснення дози склала межі  $\pm 0,35$  % та 0,8 %. Отримані результати пов'язані із встановленою величиною маси дози 50 мл під час зміни початкового рівня рідини в резервуарі живильнику дозатора на 10 мм.

Запропоновано експериментальний стенд для дослідження функціонального мехатронного модуля дозування із програмно встановленими режимами формування та витиснення дози продукту. Стенд працює на базі пропорційних елементів із зворотнім зв'язком (4–20 мА) для сходинкового та синусоїдального законів керування тиском в дозаторі.

Обґрунтовано модель управління з робочими режимами дозування. Розроблені моделі управління базуються на основі пропорційних елементів і зворотного зв'язку.

В ході проведення фізичного на математичного моделювання визначено вплив окремих параметрів на точність формування дози продукту, а також знайдені шляхи забезпечення необхідного розподілення тиску стисненого повітря, за умов дотримання заданої продуктивності дозатора. Отримані результати досліджень дозволяють удосконалити роботу прецизійних систем дозування рідких продуктів на базі електропневматичних комплексів.

**Ключові слова:** витиснення дози, ерліфтна система, надлишковий тиск, зворотній зв'язок, точність дозування.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248960****ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СУДНОВИМ ДИЗЕЛЬНИМ ДВИГУНОМ ПІД ЧАС НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ РУХУ (с. 136–146)****А. В. Усов, М. В. Слободянюк, М. В. Нікольський**

Паливна система високого тиску є основоположною системою, яка формує показник мінімальної витрати палива на одиницю шляху судна.

Виконано розрахунок оптимального керування судновим комплексом з головним дизельним двигуном за критерієм мінімальної витрати палива на одиницю шляху при заданій середній швидкості судна.

Рух судна з головним дизельним двигуном описано рівняннями. Рівняння містять значну кількість параметрів, зменшення яких виконано за рахунок введення безрозмірних величин, з подальшим приведенням рівнянь до безрозмірної форми. Це дало можливість представити рішення оптимального закону керування головним судновим дизелем у складі суднового комплексу.

Досліджено оптимальне керування судновим комплексом в умовах штормового плавання. Представлені розрахунки закону керування судновим комплексом, який забезпечує рух судна з максимальною середньою швидкістю в умовах штормового плавання. Визначено, що встановлений закон керування судновим комплексом, забезпечує мінімальну витрату палива на мильо шляху під час заданої середньої швидкості його руху. Досліджено вплив паливної системи високого тиску на оптимальне керування судновим дизелем.

Таким чином, проведені розрахункові дослідження вказують, що при всіх значеннях параметрів суднового комплексу по закону керування паливною системою  $\Phi=a+b \cdot C_2(\tau)$ , дає економію палива до 6 % на одиницю шляху у порівнянні з законом керування судновим комплексом  $\Phi=a+b \cdot (c_1(\tau)/c_2(\tau))$ .

Отримані співвідношення при моделюванні та оптимальне керування головним дизельним двигуном суднового комплексу дозволяють методом динамічного програмування провести аналіз витрат палива на одиницю шляху при оптимальному керуванні порівняно з відповідним постійним керуванням.

**Ключові слова:** судновий комплекс, керування судновим дизелем, критерії оптимальності, максимальна середня швидкість.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244949****РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ ПІДГРІВУ НАФТИ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ В УМОВАХ НЕЧІТКОСТІ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ (с. 147–162)****Б. Б. Оразбаєв, Ж. Ж. Молдашева, К. Н. Оразбаєва, В. Е. Махатова, Л. Т. Курмангазієва, А. Е. Габдулова**

Актуальність дослідження обґрунтовується тим, що при управлінні процесами транспортування нафти магістральними трубопроводами виникає необхідність визначення і вибору оптимальних режимів роботи вузлів нафтопроводів з урахуванням нечіткості деякої частини вихідної інформації. У зв'язку з цим вирішення задачі багатокритеріального вибору ефективних режимів

роботи станції підігріву нафти для системи трубопроводів гарячої нафти, яка часто описується в нечіткому середовищі, на основі апарату теорій нечітких множин, є актуальним науково-практичним завданням. Розроблено метод синтезу моделей в умовах нечітких вихідних параметрів об'єкта, за допомогою якого побудовані нечіткі моделі досліджуваної станції підігріву нафти магістрального нафтопроводу. На основі модифікації і поєднання різних принципів оптимальності отримані математичні постановки задачі багатокритеріального вибору ефективних режимів роботи станції підігріву нафти в нечіткому середовищі. Шляхом модифікації та адаптації принципів гарантованого результату і рівності в нечіткому середовищі розроблено евристичний метод вирішення сформульованої задачі вибору режимів роботи об'єкта з використанням вихідної нечіткої інформації. Запропонований евристичний метод багатокритеріального вибору в нечіткому середовищі заснований на використанні досвіду і знань особи, яка приймає рішення. Запропонований підхід реалізований при постановці і вирішенні задачі багатокритеріального вибору режимів роботи станції підігріву нафти Атирау магістрального нафтопроводу Узень-Атирау-Самара. В результаті застосування запропонованого методу досягнуто підвищення ступеня виконання нечіткого обмеження впливу на навколишнє середовище на 2 %, а також підвищені оптимальні значення експлуатаційних параметрів об'єкта: температура знижена на 1,85 % (5,67 К), тиск – на 0,04 % (кПа), витрата палива – на 2,9 % (0,0002 кг/с). Отримані результати підтвердили ефективність запропонованого підходу до вирішення поставлених задач.

**Ключові слова:** математичні моделі, оптимізація, багатокритеріальний вибір, магістральні нафтопроводи, станція підігріву нафти, нечітка інформація, особа, яка приймає рішення, евристичний метод.