

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.245854

### DEVISING A METHOD FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF ARTILLERY SHOOTING BASED ON THE MARKOV MODEL (p. 6–17)

**Viktor Boltenkov**

Naval Institute of the National University “Odessa Maritime Academy”, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3366-974X>

**Olexander Brunetkin**

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6701-8737>

**Oksana Maksymova**

Naval Institute of the National University “Odessa Maritime Academy”, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3986-0991>

**Yevhenii Dobrynin**

Naval Institute of the National University “Odessa Maritime Academy”, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2777-3137>

**Vitalii Kuzmenko**

Naval Institute of the National University “Odessa Maritime Academy”, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8064-0726>

**Pavlo Gultsov**

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5083-380X>

**Volodymyr Demydenko**

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4127-9645>

**Soloviova Olha**

Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7420-8128>

This paper reports a method for improving the firing efficiency of an artillery unit that results in enhanced effectiveness. Given the modern use of artillery for counter-battery warfare, the effectiveness of shooting is not enough assessed by accuracy only. It is also necessary to take into consideration and minimize the time spent by the unit in the firing position and the consumption of shells to hit the target.

It has been shown that in order to assess the effectiveness of an artillery shot due to the initial velocity of the projectile, the most rapid and simple means is to classify the quality of the shot by the acoustic field. A procedure for categorizing the shot has been improved by applying an automatic classifier with training based on a machine of support vectors with the least squares. It is established that the error in the classification of the effectiveness of the second shot does not exceed 0.05. The concept of the effectiveness of a single artillery shot was introduced. Under the conditions of intense shooting, there may be accidental disturbances in each shot due to the wear of the charging chamber of the gun, its barrel, and incomplete information about the powder charge. When firing involves disturbances, the firing of an artillery unit can be described by a model of a discrete Markov chain. Based on the Markov model, a method for improving the efficiency of artillery fire has been devised. The method is based on the identification of guns that produce ineffective shots. The fire control phase of the unit has been introduced. In the process of controlling the fire of the unit, such guns are excluded from further firing. A generalized

criterion for the effectiveness of artillery firing of a unit, based on the convolution of criteria, has been introduced. It is shown that the devised method significantly improves the effectiveness of shooting according to the generalized criterion.

**Keywords:** artillery unit, firing efficiency, acoustic field of shot, Markov model, generalized criterion of effectiveness.

#### References

- Oprean, L.-G. (2020). Artillery from the Perspective of Firing Effects and Ensured Capabilities. *Scientific Bulletin*, 25 (2), 107–113. doi: <https://doi.org/10.2478/bsaft-2020-0015>
- Aliiev, A. A., Bayramov, A. A., Sabziev, E. N. (2018). Effectiveness of artillery systems. *Advanced Information Systems*, 2 (3), 115–122. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.20>
- Katsev, I. (2018). Evaluation method of the artillery's effectiveness against unitary target. *Security & Future*, 2 (4), 196–198. Available at: <https://stumejournals.com/journals/confsec/2018/4/196.full.pdf>
- Moon, S.-H. (2021). Weapon effectiveness and the shapes of damage functions. *Defence Technology*, 17 (2), 617–632. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.04.009>
- Shim, Y., Atkinson, M. P. (2018). Analysis of artillery shoot-and-scoot tactics. *Naval Research Logistics (NRL)*, 65 (3), 242–274. doi: <https://doi.org/10.1002/nav.21803>
- Schmitt, M. N. (2008). The Principle of Distinction and Weapon Systems on the Contemporary Battlefield. *Connections: The Quarterly Journal*, 07 (1), 46–56. doi: <https://doi.org/10.11610/connections.07.1.03>
- Temiz, Y. Z. (2016). Artillery survivability model. Monterey: Naval Postgraduate School, 98. Available at: <https://calhoun.nps.edu/handle/10945/49399>
- Pelykh, S. N., Maksimov, M. V., Nikolsky, M. V. (2014). A method for minimization of cladding failure parameter accumulation probability in VVER fuel elements. *Problems of Atomic Science and Technology*, 92 (4), 108–116. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/80362/15-Pelykh.pdf?sequence=1>
- Washburn, A. R. (2002). Notes on Firing Theory. Naval Postgraduate School Monterey, 34. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/238621088\\_Notes\\_on\\_Firing\\_Theory](https://www.researchgate.net/publication/238621088_Notes_on_Firing_Theory)
- Kochan, R., Kochan, O., Trembach, B., Kohut, U., Zawislak, S., Falat, P., Warwas, K. (2019). Theoretical Error of Bearing Method in Artillery Sound Ranging. 2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). doi: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2019.8924450>
- Petrenko, V. M., Liapa, M. M., Prykhodko, A. I. et. al. (2015). *Zasoby pidhotovky ta upravlinnia vohnem artyleriyi*. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 458. Available at: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/40047>
- Kondrat, V., Kostenko, O., Kornienko, O. (2018). The analysis optical-electronic means of investigation and the direction of their perfection for the purpose of increase of efficiency of fighting application armament and military equipment. *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, 2 (56), 66–71. doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.56.08>
- Kryvosheiev, A. M., Prykhodko, A. I., Petrenko, V. M. (2014). *Osnovy artyleriiskoi rozvidky*. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 393. Available at: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/34022/1/art\\_pozvidka.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/34022/1/art_pozvidka.pdf)
- Kratky, M., Minarik, V., Sustr, M., Ivan, J. (2020). Electronic Warfare Methods Combatting UAVs. *Advances in Science, Technology and*

- Engineering Systems Journal, 5 (6), 447–454. doi: <https://doi.org/10.25046/aj050653>
15. Shuliakov, S., Bzot, V., Zhylin, Y., Shigimaga, N., Artemenko, A. (2020). Ways to improve the intelligence support of rocket troops and artillery combat use. *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, 1 (63), 22–30. doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.63.03>
  16. Scanlon, M. V., Ludwig, W. D. (2010). Sensor and information fusion for improved hostile fire situational awareness. *Unattended Ground, Sea, and Air Sensor Technologies and Applications XII*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.850406>
  17. Liu, Y. J., Shan, X. M., Yang, H. Y., Xu, G. X. (2013). Study on Data Fusion Technologies of Artillery Radar Decision System. *Advanced Materials Research*, 718-720, 1595–1598. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.718-720.1595>
  18. Liang, G., Lv, G., Huang, X., Wang, L. (2020). Teaching Method Research of Practical Course of Certain Artillery Radar Equipment. 2020 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE). doi: <https://doi.org/10.1109/icaie50891.2020.00098>
  19. Tan, J. Y., Lee, C. H., Chua, W. S. (2020). Operating and supporting three generations of weapon locating radars. *DSTA Horizons*, 58–65. Available at: [https://www.dsta.gov.sg/docs/default-source/dsta-about/dh15202006\\_operating-and-supporting-three-generations-of-weapon-locating-radars.pdf](https://www.dsta.gov.sg/docs/default-source/dsta-about/dh15202006_operating-and-supporting-three-generations-of-weapon-locating-radars.pdf)
  20. Liapa, M. M., Makeiev, V. I., Petrenko, V. M. (2007). Perspektivni metody ta zasoby balistichnoi pidhotovky strilby. *Visnyk Sumskoho derzhavnogo universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky*, 3, 45–56.
  21. Prokopenko, V. V. (2012). Evaluation artillery fire effectiveness when using perspective ballistic station. *Systemy ozbroiennia i viskyva tekhnika*, 4, 52–60. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2012\\_4\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2012_4_13)
  22. Dobrynin, Y., Maksymov, M., Boltenev, V. (2020). Development of a method for determining the wear of artillery barrels by acoustic fields of shots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5 (105)), 6–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206114>
  23. Dobrynin, Y., Volkov, V., Maksymov, M., Boltenev, V. (2020). Development of physical models for the formation of acoustic waves at artillery shots and study of the possibility of separate registration of waves of various types. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5 (106)), 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209847>
  24. Dobrynin, Ye. V., Boltenev, V. O., Maksymov, M. V. (2020). Information Technology for Automated Assessment of the Artillery Barrels Wear Based on SVM Classifier. *Applied Aspects of Information Technology*, 3 (3), 117–134. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44052959>
  25. Kosarev, V. V., Pushin, V. G., Ponomarev, A. I., Horoshilov, V. A. (2003). *Artilleriyskoe oruzhie VMF Sankt-Peterburg: Izd-vo SPb-GETU «LETI»*, 43. Available at: [http://8361.ru/fvo/bsf/Kosarev-Artilleriyskoe\\_oruzhie.pdf](http://8361.ru/fvo/bsf/Kosarev-Artilleriyskoe_oruzhie.pdf)
  26. Novak, D. A., Volkov, I. D. (2019). Methodical approach to determine the dependence of the deviation of the initial speed of the shells through the extension of the charging chamber artillery guns, measured with the help of the instrument for measuring the chambers. *Military Technical Collection*, 20, 28–32. doi: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.20.2019.28-32>
  27. Anipko, O. B., Khaykov, V. L. (2012). Methods analysis for assessment of propellant charges as a part of the artillery ammunition monitoring system. *Integrirovannyye tehnologii i energosberezhenie*, 3, 60–71. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2199>
  28. Suykens, J. A. K., Van Gestel, T., De Brabanter, J., De Moor, B., Vandewalle, J. (2002). *Least Squares Support Vector Machines*. World Scientific, 308. doi: <https://doi.org/10.1142/5089>
  29. Xia, X.-L., Jiao, W., Li, K., Irwin, G. (2013). A Novel Sparse Least Squares Support Vector Machines. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/602341>
  30. Huseby, M. (2007). Noise emission data for M109, 155 mm field howitzer. Norwegian Defence Research Establishment (FFI), 45. Available at: <https://www.ffi.no/en/publications-archive/noise-emission-data-for-m109-155-mm-field-howitzer>
  31. Gagniu, P. A. (2017). *Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119387596>
  32. Mavrakakis, M. C., Penzer, J. (2021). *Probability and Statistical Inference. From Basic Principles to Advanced Models*. Chapman and Hall/CRC, 444. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315366630>
  33. Ishizaka, A., Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118644898>
  34. Zavadskas, E. K., Antuchevičienė, J., Kapliński, O. (2016). Multi-criteria decision making in civil engineering: Part I – a state-of-the-art survey. *Engineering Structures and Technologies*, 7 (3), 103–113. doi: <https://doi.org/10.3846/2029882x.2015.1143204>
  35. Aldoegre, M. (2019). Comparison between trajectory models for firing table application. North-West University, Potchefstroom. Available at: <https://5dok.net/document/7q08x49y-comparison-between-trajectory-models-for-firing-table-application.html>
  36. Song, X., Gao, M., Wang, Y., Wu, H., Cui, X. (2019). Research on Evaluation Methods of Firing Precision of Trajectory Correction Projectile. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 612 (3), 032095. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/612/3/032095>
  37. Carlucci, D. E., Jacobson, S. S. (2018). *Ballistics. Theory and Design of Guns and Ammunition*. CRC Press, 654. doi: <https://doi.org/10.1201/b22201>
  38. Li, W., Liu, Z. (2011). A method of SVM with Normalization in Intrusion Detection. *Procedia Environmental Sciences*, 11, 256–262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.12.040>
  39. Awad, M., Khanna, R. (2015). Support Vector Machines for Classification. *Efficient Learning Machines*, 39–66. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5990-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5990-9_3)
  40. Suykens, J. A. K., Van Gestel, T., De Brabanter, J., De Moor, B., Vandewalle, J. (2002). *Least Squares Support Vector Machines*. World Scientific, Singapore, 308. doi: <https://doi.org/10.1142/5089>
  41. Xia, X.-L., Jiao, W., Li, K., Irwin, G. (2013). A Novel Sparse Least Squares Support Vector Machines. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/602341>
  42. LS-SVMlab toolbox. Available at: <https://www.esat.kuleuven.be/sista/lssvmlab/>
  43. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2013). Support Vector Machines. *An Introduction to Statistical Learning*, 337–372. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7_9)
  44. Pelykh, S. N., Maksimov, M. V. (2013). The method of fuel rearrangement control considering fuel element cladding damage and burnup. *Problems of Atomic Science and Technology*, 5 (87). Available at: [https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT\\_2013\\_5/article\\_2013\\_5\\_84a.pdf](https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2013_5/article_2013_5_84a.pdf)
  45. Maksimov, M. V., Pelykh, S. N., Gontar, R. L. (2012). Principles of controlling fuel-element cladding lifetime in variable VVER-1000 loading regimes. *Atomic Energy*, 112 (4), 241–249. doi: <https://doi.org/10.1007/s10512-012-9552-3>
  46. Petrenko, V. M., Liapa, M. M., Prykhodko, A. I. et. al. (2015). *Zasoby pidhotovky ta upravlinnia vohnem artyleriyi*. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 458. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/339163633.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248291

## DEVELOPMENT OF AN ESTIMATION-EXPERIMENTAL METHOD FOR ESTIMATING THE PRESERVATION INDICATORS OF SINGLE-USE ARTICLES (p. 18–35)

**Boris Lanetskii**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>**Vadym Lukianchuk**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>**Igor Koval**The National Defence University of Ukraine  
named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4837-7435>**Hennadii Khudov**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-2848>**Andrii Hordiienko**Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9606-2617>**Oleksii Zvieriev**Central Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>**Oleh Shknaï**Central Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-4917>**Vadym Kozlov**Central Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7708-6143>**Danylo Bieliaiev**Central Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-554X>**Alexandr Grechka**The National Defence University of Ukraine named after Ivan  
Cherniakhovskiy, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5473-7759>

To manage the operation of modern single-use products, it is necessary to evaluate their preservation indicators as uncontrolled, non-repairable, and maintenance-free objects. Data for assessing its parameters are considered as one-time censored samples with continuous monitoring, which does not correspond to the mode of storage of products during operation. Under the conditions of limited volumes of censored samples, it is problematic to identify the parametric model of persistence.

To solve this problem, a non-parametric estimation-experimental method has been devised, which is a set of models for data generation, estimation of the function of the distribution of the preservation period and preservation indicators.

The data generation model is represented by a scheme of operational tests and analytical relationships between the quantities of tested and failed articles. The model of estimating the distribution function describes the process of its construction on the generated

data. Models for estimating preservation indicators are represented by ratios for their point and interval estimates, as functionals from the restored distribution function. Unlike the well-known ones, the developed method implements the assessment of indicators under the conditions of combined censorship.

The method can be used to assess the preservation indicators of single-use articles with an error of at least 7 %. At the same time, their lower confidence limits are estimated at 0.9 with an error not worse than 14 % with a censorship degree of not more than 0.23. The restored distribution function agrees well (reliability 0.9, error 0.1) with the actual persistence of articles with censorship degrees of not more than 0.73, which is acceptable for solving the problems of managing their operation.

**Keywords:** preservation indicators, single-use articles, operation management, point assessment, interval estimate.

**References**

1. Lanetskii, B., Lukyanchuk, V., Khudov, H., Fisun, M., Zvieriev, O., Terebuha, I. (2020). Developing the model of reliability of a complex technical system of repeated use with a complex operating mode. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (107)), 55–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214995>
2. Lanetskii, B., Koval, I., Popov, V., Grynevych, V. (2020). Method for evaluating the shelf-life indicators for on-board equipment of surface-to-air missiles during periodic inspections of their operability. *Weapons and Military Equipment*, 2 (26), 59–64.
3. Otsenka pokazateley sohranyaemosti tsifrovyyh ustroystv releynoy zaschity. Zaharov O.G. Vsyo o releynoy zaschite. Available at: [https://rza.org.ua/article/read/Otsenka-pokazateley-sohranyaemosti--tsifrovih-ustroystv-releynoy-zashchiti--Zaharov-O-G-\\_119.html](https://rza.org.ua/article/read/Otsenka-pokazateley-sohranyaemosti--tsifrovih-ustroystv-releynoy-zashchiti--Zaharov-O-G-_119.html)
4. Mikhailov, V. S. (2019). Estimation of the gamma-percentile life for the binomial test plan. *Dependability*, 19 (2), 18–21. doi: <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2019-19-2-18-21>
5. Sudakova, R. S., Teskina, O. I. (Eds.) (1989). *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike*. Vol. 6: Eksperimental'naya otrabotka i ispytaniya. Moscow: Mashinostroenie, 376.
6. Skripnik, V. M., Nazin, A. E., Prihod'ko, Yu. G., Blagoveschenskiy, Yu. N. (1988). *Analiz nadezhnosti tekhnicheskikh sistem po tsenzurovannym vyborkam*. Moscow: Radio i svyaz', 184.
7. Aronov, I. Z., Burdasov, E. I. (1987). *Otsenka nadezhnosti po rezul'tatam sokraschennykh ispytaniy*. Moscow: Izd-vo standartov, 184.
8. Lukianchuk, V., Lanetskii, B., Khudov, H., Terebuha, I., Zvieriev, O., Shknaï, O. et. al. (2021). Development of an experimental-estimation method for estimating indices of residual life of a radio technical complex. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 27–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233538>
9. Gnedenko, B. V., Belyaev, Yu. K., Solov'ev, A. D. (2017). *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti*. Osnovnye harakteristiki nadezhnosti i ih statisticheskii analiz. Moscow: KD Librokom, 582.
10. Strel'nikov, V. P. (2000). *Opredelenie ozhidaemoy ostatechnoy naraботki pri DM-raspredelenii*. Matematychni mashyny i systemy, 1, 94–100.
11. Beichelt, F., Franken, P. (1984). *Zuverlässigkeit und Instandhaltung*. Mathematische Methoden. Berlin: Verlag Technik, 392.
12. Belyaev, Yu. K. et. al.; Ushakov, I. A. (Ed.) (1985) *Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem*. Moscow: Radio i svyaz', 608.
13. Chopra, S., Meindl, P. (2004). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. Prentice-Hall, 2, 40–44.
14. Chen, H. M., Vidakovic, B., Mavris, N. D. (2004). Multiscale forecasting method using ARMAX models. *Technological Forecasting and Social Change*, 1, 34–39.
15. Kredentser, B. P. (2019). *Raschyot pokazateley nadyozhnosti tekhnicheskikh sistem s izbytochnost'yu*. Kyiv: Feniks, 520.

16. Guo, J., Wang, X., Liang, J., Pang, H., Goncalves, J. (2018). Reliability Modeling and Evaluation of MMCs Under Different Redundancy Schemes. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 33 (5), 2087–2096. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwr.2017.2715664>
17. Ding, F., Sheng, L., Ao, Z. et. al. (2017). Research on reliability prediction method for traction power supply equipment based on continuous time Markov degradation process. *Proc CSEE*, 37, 1937–1945.
18. Górný, J., Cramer, E. (2020). Type-I hybrid censoring of multiple samples. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 366, 112404. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2019.112404>
19. Wu, S.-F., Hsieh, Y.-T. (2019). The assessment on the lifetime performance index of products with Gompertz distribution based on the progressive type I interval censored sample. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 351, 66–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2018.10.044>
20. Wu, S.-F. (2018). The performance assessment on the lifetime performance index of products following Chen lifetime distribution based on the progressive type I interval censored sample. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 334, 27–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2017.11.022>
21. Lemeshko, B. Y., Lemeshko, S. B., Postovalov, S. N. (2010). Statistic Distribution Models for Some Nonparametric Goodness-of-Fit Tests in Testing Composite Hypotheses. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 39 (3), 460–471. doi: <https://doi.org/10.1080/03610920903140148>
22. Lemeshko, B. Yu., Chimitova, E. V., Pleshkova, T. A. (2010). Proverka prostyh i slozhnyh gipotez o soglasii po tsenzurovannym vyborkam. *Nauchniy vestnik NGTU*, 4 (41), 13–28.
23. Panahi, H., Moradi, N. (2020). Estimation of the inverted exponential Rayleigh Distribution Based on Adaptive Type II Progressive Hybrid Censored Sample. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 364, 112345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2019.112345>
24. Zhu, T. (2020). Reliability estimation for two-parameter Weibull distribution under block censoring. *Reliability Engineering & System Safety*, 203, 107071. doi: <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.107071>
25. Miao, Y., Wang, G., Rui, X., Tu, T. (2019). An innovative Bayesian sequential censored sampling inspection method and application to test design. *Applied Mathematical Modelling*, 76, 867–882. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.07.019>
26. S-300 PS SA-10B Grumble B Surface-to-Air missile (2020). Available at: [https://www.armyrecognition.com/s-300ps\\_sa-10b\\_grumble\\_b\\_systems\\_vehicles\\_uk/s-300ps\\_s-300ps\\_sa-10b\\_grumble\\_b\\_long\\_range\\_surface-to-air\\_missile\\_technical\\_data\\_sheet\\_information.html](https://www.armyrecognition.com/s-300ps_sa-10b_grumble_b_systems_vehicles_uk/s-300ps_s-300ps_sa-10b_grumble_b_long_range_surface-to-air_missile_technical_data_sheet_information.html)
27. Deyvid, G. (1979). *Poryadkovye statistiki*. Moscow: Nauka, glavnyaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 336.
28. Borovkov, A. A. (1986). *Teoriya veroyatnostey*. Moscow: Nauka, 432.
29. Ivchenko, G. I., Medvedev, Yu. I. (1984). *Matematicheskaya statistika*. Moscow: Vyssh. shkola, 248.
30. Bol'shev, L. N., Smirnov, N. V. (1983). *Tablitsy matematicheskoy statistiki*. Moscow: Nauka, 416.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249270

**DEVISING MATRIX TECHNOLOGY FOR FORECASTING THE DYNAMICS IN THE OPERATION OF A CLOSED MILITARY LOGISTICS SYSTEM (p. 36–46)**

**Alexander Ugol'nikov**

Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-9285>

**Volodymyr Diachenko**

Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2904-8337>

**Yurii Kliat**

Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8267-3748>

**Artem Kosenko**

Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4730-8067>

**Serhii Shelukhin**

Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4417-4283>

There is a tendency of intensive development of a new scientific area aimed at optimizing the processes of comprehensive ensuring the life of society and industrial processes of countries, specifically logistics, and its more important aspect, military logistics. This paper considers typical contradictions between the need and opportunities for additional development of the theory of processes involving this system. On the one hand, the military has important, dynamic, multifaceted processes for the comprehensive provision of their combat operations to analyze, which requires significant intensification of the development of methods and models for quantitative analysis of the effectiveness of the functioning of military logistics systems. On the other hand, there is now limited availability of theoretical developments and the practical application of the necessary, convenient, effective mathematical tools aimed at computerization of solving the problems of providing military scientific and technical problems in real time.

Matrix technology for forecasting the dynamics of functioning of closed systems of military logistics of various military purposes is proposed. Matrix calculus makes it possible to obtain intermediate and ultimate results in a compact form and carry out complex and cumbersome calculations using effective algorithms. A method to precisely solve the system of linear differential equations describing processes of arbitrary type has been proposed. The method is based on the use of the operational calculus by Laplace. The possibilities of the method and procedures of forecasting are illustrated by solving practical military tasks that arise during the functioning of military logistics systems of varying complexity. These tasks differ in configuration, different numbers of possible states, and state transitions.

**Keywords:** military logistics, dynamics of functioning, matrix forecasting technique, support system, system states, operational calculus.

**References**

1. Kolomytseva, A. O., Yakovenko, V. S. (2012). Modeliuvannya protsesiv optymalnoho upravlinnia lohistychnymy rozpodilchymy systemamy. *Biznes Inform*, 7, 18–21. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf\\_2012\\_7\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2012_7_5)
2. Vorobeva, O. (2019). Methodology for searching optimal solutions of operational planning by cargo transportation in dynamically changing economic conditions. *Transportnoe delo Rossii*, 5, 188–192. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41578629>
3. Yusupova, N. I., Valeev, R. S. (2020). Operational level problems in transport logistics. *Modern high technologies*, 3, 107–111. doi: <https://doi.org/10.17513/snt.37950>
4. Androschuk, A. S., Melenchuk, V. N. (2014). Logistic model autotechnical software military parts. *Systemy ozbroiennia i viyskova tekhnika*, 3 (39), 3–7. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2014\\_3\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2014_3_3)
5. Sherstnyykov, Y. V. (2019). The Methodology for Modeling Logistics Systems: Implementation Principles and Examples. *The Problems of Economy*, 4 (42), 306–314. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-4-306-314>
6. Bayramov, A. A., Talibov, A., Pashaev, A., Sabziev, E. (2019). The mathematical model of technical supply logistics in the war activity zones. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 2 (35), 77–80. doi: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-35-2-77-80>

7. Li, X., Zhao, X., Pu, W., Chen, P., Liu, F., He, Z. (2019). Optimal decisions for operations management of BDAR: A military industrial logistics data analytics perspective. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106100>
8. Li, X., Zhao, X., Pu, W. (2020). Knowledge-oriented modeling for influencing factors of battle damage in military industrial logistics: An integrated method. *Defence Technology*, 16 (3), 571–587. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.09.001>
9. Li, X., Zhang, W., Zhao, X., Pu, W., Chen, P., Liu, F. (2021). Wartime industrial logistics information integration: Framework and application in optimizing deployment and formation of military logistics platforms. *Journal of Industrial Information Integration*, 22, 100201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100201>
10. Ausseil, R., Gedik, R., Bednar, A., Cowan, M. (2020). Identifying sufficient deception in military logistics. *Expert Systems with Applications*, 141, 112974. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112974>
11. McConnell, B. M., Hodgson, T. J., Kay, M. G., King, R. E., Liu, Y., Parlier, G. H. et al. (2019). Assessing uncertainty and risk in an expeditionary military logistics network. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 18 (2), 135–156. doi: <https://doi.org/10.1177/1548512919860595>
12. Horodnov, V. P. et al. (2004). Modeliuvannia boiovykh diy viysk (syl) protypovitrianoi oborony ta informatsiynе zabezpechennia protsesiv upravlinnia nymy (teoriya, praktyka, istoriya rozvytku). *Kharkivskiy viyskoviy universytet*.
13. Sukhin, O. V., Demianchuk, B. O., Kosenko, A. V. (2019). Model protsesiv systemy tekhnichnoho zabezpechennia boiovoho zastosuvannia zrazkiv ozbroiennia. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, 4 (60), 94–101. doi: <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.60.13>
14. Boiovyi statut mekhanizovanykh i tankovykh viysk Sukhoputnykh viysk Zbroinykh Syl Ukrainy. Ch. II (2016). *Komanduvannia Sukhoputnykh viysk Zbroinykh Syl Ukrainy*, 135–136.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249264**

**DEVELOPMENT OF MANDELBROT SET FOR THE LOGISTIC MAP WITH TWO PARAMETERS IN THE COMPLEX PLANE (p. 47–56)**

**Wasan Saad Ahmed**

University of Diyala, Baqubah, Diyala, Iraq  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3030-4078>

**Saad Qasim Abbas**

Bilad Alrafidain University College, Diyala Junction, Diyala, Iraq  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8308-2918>

**Muntadher Khamees**

University of Diyala, Baqubah, Diyala, Iraq  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0191-7748>

**Mustafa Musa Jaber**

Dijlah University College, Baghdad, Iraq  
 AL-Turath University College, Baghdad, Iraq  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5777-9428>

In this paper, the study of the dynamical behavior of logistic map has been disused with representing fractals graphics of map, the logistic map depends on two parameters and works in the complex plane, the map defined by  $f(z, \alpha, \beta) = \alpha z(1-z)^\beta$ , where  $z$  and  $\alpha$  are complex numbers, and  $\beta$  is a positive integers number, the visualization method used in this work to generate fractals of the map and to inspect the relation between the value of  $\beta$  and the shape of the map, this visualization analysis showed also that, as the value of  $\beta$  increasing, as the number of humps in the function also increasing, and it demonstrate that is true also for the function's first iteration,  $f^2(x_0) = f(f(x_0))$  and the second iteration,  $f^3(x_0) = f(f^2(x_0))$ , beside that, the visualization technique

showed that the number of humps in that fractal is less than the ones in the second iteration of the original function, the study of the critical points and their properties of the logistic map also discussed it, whereas finding the fixed point led to find the critical point of the function  $f$ , in addition, it has been proven for the set of all points  $\alpha \in \mathbb{C}$  and  $\beta \in \mathbb{N}$ , the iteration function  $f(f(z))$  has an attractive fixed points, and belongs to the region specified by the disc  $|1 - \beta(\alpha - 1)| < 1$ . Also, the discussion of the Mandelbrot set of the function defined by the  $f(f(z))$  examined in complex plans using the path principle, such that the path of the critical point  $z = z_0$  is restricted, finally, it has proven that the Mandelbrot set  $f(z, \alpha, \beta)$  contains all the attractive fixed points and all the complex numbers  $\alpha$  in which  $\alpha \leq (1/\beta + 1) / (1/\beta + 1)$  and the region containing the attractive fixed points for  $f^2(z, \alpha, \beta)$  was identified.

**Keywords:** fixed points, logistic map, quadratic map, Mandelbrot set, Zoomer Xaos.

**References**

1. Yu, D., Ta, W., Zhou, Y. (2021). Fractal diffusion patterns of periodic points in the Mandelbrot set. *Chaos, Solitons & Fractals*, 153, 111599. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.111599>
2. Schilling, H. (1988). Peitgen, H.-O.; Richter, P. H., *The Beauty of Fractals. Images of Complex Dynamical Systems*. Berlin etc., Springer-Verlag 1986. XII, 199 pp., 184 figs., many in color, DM 78,—. ISBN 3-540-15851-0. ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift Für Angewandte Mathematik Und Mechanik, 68 (10), 512–512. doi: <https://doi.org/10.1002/zamm.19880681015>
3. Brooks, R., Matelski, J. P. (1981). The Dynamics of 2-Generator Subgroups of PSL(2,  $\mathbb{C}$ ). *Riemann Surfaces and Related Topics (AM-97)*, 65–72. doi: <https://doi.org/10.1515/9781400881550-007>
4. Devaney, R., Keen, L. (Eds). (1989). *Chaos and Fractals: The Mathematics Behind the Computer Graphics*. Proceedings of Symposia in Applied Mathematics. doi: <https://doi.org/10.1090/psapm/039>
5. Choudhury, S. R. (1994). Dynamics and Bifurcations (Jack K. Hale and Huseyin Kocak). *SIAM Review*, 36 (2), 297–299. doi: <https://doi.org/10.1137/1036075>
6. Liu, S., Pan, Z., Fu, W., Cheng, X. (2017). Fractal generation method based on asymptote family of generalized Mandelbrot set and its application. *The Journal of Nonlinear Sciences and Applications*, 10 (03), 1148–1161. doi: <https://doi.org/10.22436/jnsa.010.03.24>
7. May, R. M., Leonard, W. J. (1975). Nonlinear Aspects of Competition Between Three Species. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 29 (2), 243–253. doi: <https://doi.org/10.1137/0129022>
8. May, R. M. (1976). Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*, 261 (5560), 459–467. doi: <https://doi.org/10.1038/261459a0>
9. Douady, A., Hubbard, J. H. (2007). Etude dynamique des polygones complexes. *Societe Mathematique de France*. Available at: <https://pi.math.cornell.edu/~hubbard/OsrayFrench.pdf>
10. Hao, B.-L., Zheng, W.-M. (1998). *Applied Symbolic Dynamics and Chaos*. World Scientific, 460. doi: <https://doi.org/10.1142/3830>
11. Introduction (2018). *Applied Symbolic Dynamics and Chaos*, 1–14. doi: [https://doi.org/10.1142/9789813236431\\_0001](https://doi.org/10.1142/9789813236431_0001)
12. Chen, S., Feng, S., Fu, W., Zhang, Y. (2021). Logistic Map: Stability and Entrance to Chaos. *Journal of Physics: Conference Series*, 2014 (1), 012009. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2014/1/012009>
13. Kwun, Y. C., Tanveer, M., Nazeer, W., Gdawiec, K., Kang, S. M. (2019). Mandelbrot and Julia Sets via Jungck–CR Iteration With  $s$ -Convexity. *IEEE Access*, 7, 12167–12176. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2892013>
14. Mandelbrot, B. B., Wheeler, J. A. (1983). The Fractal Geometry of Nature. *American Journal of Physics*, 51 (3), 286–287. doi: <https://doi.org/10.1119/1.13295>
15. Lakhtakia, A., Varadan, V. V., Messier, R., Varadan, V. K. (1987). On the symmetries of the Julia sets for the process  $z \Rightarrow zp + c$ . *Journal*

- of Physics A: Mathematical and General, 20 (11), 3533–3535. doi: <https://doi.org/10.1088/0305-4470/20/11/051>
16. Kim, T. (2015). Quaternion Julia Set Shape Optimization. *Computer Graphics Forum*, 34 (5), 167–176. doi: <https://doi.org/10.1111/cgf.12705>
  17. Drakopoulos, V., Mimikou, N., Theoharis, T. (2003). An overview of parallel visualisation methods for Mandelbrot and Julia sets. *Computers & Graphics*, 27 (4), 635–646. doi: [https://doi.org/10.1016/s0097-8493\(03\)00106-7](https://doi.org/10.1016/s0097-8493(03)00106-7)
  18. Sun, Y., Chen, L., Xu, R., Kong, R. (2014). An Image Encryption Algorithm Utilizing Julia Sets and Hilbert Curves. *PLoS ONE*, 9 (1), e84655. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084655>
  19. Abbas, S. Q., Abd Almeer, H. A., Ahmed, W. S., Hammid, A. T. (2020). A novel algorithm for generating an edge-regular graph. *Procedia Computer Science*, 167, 1038–1045. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.403>
  20. Izhikevich, E. M. (2006). *Dynamical Systems in Neuroscience*. MIT Press. doi: <https://doi.org/10.7551/mitpress/2526.001.0001>
  21. Redona, J. F. (1996). The Mandelbrot set. Theses Digitization Project. Available at: <https://scholarworks.lib.csusb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2166&context=etd-project>
  22. Fowler, A. C., McGuinness, M. J. (2019). The size of Mandelbrot bulbs. *Chaos, Solitons & Fractals*, X, 3, 100019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csf.2019.100019>
  23. Milnor, J., Thurston, W. (1988). On iterated maps of the interval. *Lecture Notes in Mathematics*, 465–563. doi: <https://doi.org/10.1007/bfb0082847>
  24. Pesin, Y., Climenhaga, V. (2009). *Lectures on Fractal Geometry and Dynamical Systems*. The Student Mathematical Library. doi: <https://doi.org/10.1090/stml/052>
  25. Kumari, M., Kumari, S., Chugh, R. (2017). International Journal of Mathematics And its Applications Superior Julia Sets and Superior Mandelbrot Sets in SP Orbit. *International Journal of Mathematics And its Applications*, 5 (2-A), 67–83. Available at: <http://ijmaa.in/v5n2-a/67-83.pdf>
  26. Khamees, M., Ahmed, W. S., Abbas, S. Q. (2020). Train the Multi-Layer Perceptrons Based on Crow Search Algorithm. 2020 1st. Information Technology To Enhance e-Learning and Other Application (IT-ELA). doi: <https://doi.org/10.1109/it-ela50150.2020.9253073>
  27. Ashish, Cao, J., Chugh, R. (2018). Chaotic behavior of logistic map in superior orbit and an improved chaos-based traffic control model. *Nonlinear Dynamics*, 94 (2), 959–975. doi: <https://doi.org/10.1007/s11071-018-4403-y>
  28. Kim, Y. I., Feldstein, A. (1997). Bifurcation and k-cycles of a finite-dimensional iterative map, with applications to logistic delay equations. *Applied Numerical Mathematics*, 24 (2-3), 411–424. doi: [https://doi.org/10.1016/s0168-9274\(97\)00036-6](https://doi.org/10.1016/s0168-9274(97)00036-6)
  29. Fruchter, G., Ben-Haim, S. (1991). Stability analysis of one-dimensional dynamical systems applied to an isolated beating heart. *Journal of Theoretical Biology*, 148 (2), 175–192. doi: [https://doi.org/10.1016/s0022-5193\(05\)80340-6](https://doi.org/10.1016/s0022-5193(05)80340-6)
  30. Hirsch, M. W., Smale, S., Devaney, R. L. (2013). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/c2009-0-61160-0>
  31. Weisstein, E. W. Dottie Number." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. Available at: <https://mathworld.wolfram.com/DottieNumber.html>
  32. Alobaidi, M. H., Idan Kadham, O. (2019). Dynamical Behavior of some families of cubic functions in complex plane. *Tikrit Journal of Pure Science*, 24 (7), 122. doi: <https://doi.org/10.25130/j.v24i7.922>
  33. Ahmed, W. S. (2013). Construction a MATLAB Program to Solving the Timetable Scheduling Problem. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (23), 9976–9984. Available at: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/9976-9984.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248191

**OPTIMIZATION OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION OF CARGOES IN THE MANAGEMENT OF ENTERPRISES OF AGRICULTURAL SECTOR AND ROAD TRANSPORT ENTERPRISES (p. 57–63)**

**Lyudmila Volynets**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5064-2349>

**Olha Sopotsko**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7028-6628>

**Yuliia Khrutba**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3419-8364>

**Alina Sevostianova**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7693-0648>

**Iaroslava Levchenko**

Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4979-1101>

To enhance the efficiency of management of enterprises in the agricultural sector, it is necessary to improve logistic processes of delivery of livestock and crop production in the implementation of international road transportation. Delivery of cargo “just in time” is very important, so transportation time planning is relevant and allows reducing costs.

The process of planning the delivery of perishable goods was described. The spread of the required time is presented for transportation with a varied degree of stochasticity. It was found that the specifics of customs clearance affect the availability of a certain minimum time required for such a procedure. The time of customs clearance of cargo and delay time affect the deadline for cargo registration in international road transportation. The widest spread of time is observed by the procedure of customs clearance of cargoes that takes from 12 to 25 hours, and the probability of customs clearance is only 0.435. Accordingly, this affects a decrease in indicators of “just in time” delivery. The functional dependence of the probability of transit time not exceeding the planned time was compared, depending on the data of the specified route. Based on probabilistic analysis, the possibility of unplanned deviations from the estimated terms of each stage was taken into account and the optimal set of time intervals, which allow obtaining the optimal probability of “just in time” delivery, was proposed. The total cargo delivery time does not change.

The recommendations on formulating the requirements for road transport enterprises were given. Namely, to strengthen the requirements for the time of cargo transit. These requirements include the average speed of motion, the choice of appropriate transport, planning the route in terms of the speed mode of highways, etc.

**Keywords:** perishable cargo, road transport enterprises, costs, perishable food, animal husbandry.

## References

1. Naumenko, S., Nabatchikova, T., Gusev, G., Polivoda, F. (2021). Impact of External Conditions on Selecting Special Transport Vehicle for Perishable Cargo Transportation. *Transportation Research Procedia*, 54, 445–454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.094>
2. Hoffman, A. J., Grater, S., Schaap, A., Maree, J., Bhero, E. (2016). A simulation approach to reconciling customs and trade risk associated with cross-border freight movements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 27 (3). doi: <https://doi.org/10.7166/27-3-1659>

3. Filina-Dawidowicz, L., Wiktorowska-Jasik, A. (2021). Contemporary problems and challenges of sustainable distribution of perishable cargoes: Case study of Polish cold port stores. *Environment, Development and Sustainability*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01600-z>
4. Fan, Y., Behdani, B., Bloemhof-Ruwaard, J. M. (2020). Reefer logistics and cool chain transport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. 20 (2). doi: <https://doi.org/10.18757/ejtir.2020.20.2.3887>
5. Vorkut, T., Volynets, L., Bilonog, O., Sopotsko, O., Levchenko, I. (2019). The model to optimize deliveries of perishable food products in supply chains. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (101)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.177903>
6. Yuzhong, M., Guangming, Y. (2012). A Study of Outsourcing and Self-Run Business Decision- Making in the Distribution Transportation of International Logistics. *Energy Procedia*, 16, 965–970. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.154>
7. Bondariev, S. I. (2020). Optimization methods of operating costs on road transport in international transportation. *Machinery and Energetics*, 11 (3), 129–133. doi: <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.03.129>
8. Wang, Y., Yeo, G.-T. (2017). Intermodal route selection for cargo transportation from Korea to Central Asia by adopting Fuzzy Delphi and Fuzzy ELECTRE I methods. *Maritime Policy & Management*, 45 (1), 3–18. doi: <https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1319581>
9. Lelėn, P., Wasiak, M. (2019). The model of selecting multimodal technologies for the transport of perishable products. *Archives of Transport*, 50 (2), 17–33. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.5573>
10. Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., Uysal, I. (2017). Time-Temperature Management Along the Food Cold Chain: A Review of Recent Developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (4), 647–667. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
11. Zovnishnia torhivlia Ukrainy tovaramy u I pivrichchi 2021 roku (2021). *Ekspres-vypusk. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/express/expr2021/08/95.pdf>
12. Alon, N., Spencer, J. H. (2000). *The Probabilistic Method*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/0471722154>
13. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning*. Springer, 745. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>
14. Weibull, W. (1951). A Statistical Distribution Function of Wide Applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18 (3), 293–297. doi: <https://doi.org/10.1115/1.4010337>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244976

#### QUALITY ASSESSMENT OF THE CONTACT CENTER WHILE IMPLEMENTATION THE IP IVR SYSTEM BY USING TELETRAFFIC THEORY (p. 64–71)

##### Katipa Chezhimbayeva

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1661-2226>

##### Madina Konyrova

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6577-9965>

##### Saule Kumyzbayeva

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3175-2435>

##### Elvira Kadylbekkyzy

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4059-5996>

The paper considers the form of taking into account the specialization of information needs. An analysis of the work of modern call centers has been carried out. The authors noted the effectiveness of using IVR devices, operators, and consultants for differentiated customer service and the need to take feedback into account when forming the revenue stream of applications. The models make it possible to determine the leading indicators of the quality of service for applications arriving at the call center. Formal expressions for descriptions are derived from the input parameters' values and the model's stationary probability. The relationships between the characteristics of the call center that regulate the intensity of incoming and outgoing calls, call processing through 3CXPhone, corporate mail, and social networks were obtained using Global Statistic. The developed methodology for organizing information and reference systems makes it possible to consider modern trends in the development of call centers. The paper presents the results of research using the IP IVR system. The results of calculating service characteristics are given for two different types of calls with mixed order  $\omega=(0.5; 0.7; 0.9)$ . The presented results were obtained by using experimental data of the JSC Kazakhtelecom's call center. For the calculations, the authors used the formulas of the teletraffic theory for a mixed service system. It also assesses the extent of combined service model effects for the contact center's call quality. It is shown that the probability of lost calls depends on the incoming load. The obtained results show that the mixed order for incoming calls servicing affects the probability of service failure.

**Keywords:** Interactive Voice Response – IVR, service quality, call probability, queuing theory, teletraffic theory, communication systems.

#### References

1. Afolalu, S. A., Ikumapayi, O. M., Abdulkareem, A., Emetere, M. E., Adejumo, O. (2021). A short review on queuing theory as a deterministic tool in sustainable telecommunication system. *Materials Today: Proceedings*, 44, 2884–2888. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.092>
2. Valverde, M., Ryan, G., Gorjup, M. T. (2007). An Examination of the Quality of Jobs in the Call Center Industry. *International Advances in Economic Research*, 13 (2), 146–156. doi: <https://doi.org/10.1007/s11294-007-9078-y>
3. Khizirova, M. A., Chezhimbayeva, K., Mukhamejanova, A., Manbetova, Z., Ongar, B. (2021). Using of virtual private network technology for signal transmission in corporate networks. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 3 (447), 100–103. doi: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.69>
4. Kumyzbayeva, S., Ibragimova, M., Stoyak, V., Apsemetov, A. (2016). Hybrid stand-alone power supply system in conditions of extreme continental climate in Central Asia. 2016 International Conference on Cogeneration, Small Power Plants and District Energy (ICUE). doi: <https://doi.org/10.1109/cogen.2016.7728940>
5. Walsh, G., Gouthier, M., Gremler, D. D., Brach, S. (2012). What the eye does not see, the mind cannot reject: Can call center location explain differences in customer evaluations? *International Business Review*, 21 (5), 957–967. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2011.11.002>
6. Alcover, C.-M., Chambel, M. J., Estreder, Y. (2020). Monetary incentives, motivational orientation and affective commitment in contact centers. A multilevel mediation model. *Journal of Economic Psychology*, 81, 102307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joep.2020.102307>
7. Chicu, D., Pàmies, M. del M., Ryan, G., Cross, C. (2019). Exploring the influence of the human factor on customer satisfaction in call centres. *BRQ Business Research Quarterly*, 22 (2), 83–95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brq.2018.08.004>

8. Dean, D. H. (2008). What's wrong with IVR self-service. *Managing Service Quality: An International Journal*, 18 (6), 594–609. doi: <https://doi.org/10.1108/09604520810920086>
9. Bauermeister, J. A., Carballo-Dieguez, A., Giguere, R., Valladares, J., McGowan, I. (2014). Interactive Voice Response System (IVRS): Data Quality Considerations and Lessons Learned During a Microbicide Placebo Adherence Trial With Young Men Who Have Sex With Men. *Journal of Adolescent Health*, 54 (2), S57–S58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2013.10.128>
10. Namestnikov, S. M., Sluzhivyy, M. N., Ukrainev, Yu. D. (2016). *Osnovy teorii telegrafika*. Ulyanovsk, 154. Available at: [http://tk.ulstu.ru/lib/books/book\\_tt.pdf](http://tk.ulstu.ru/lib/books/book_tt.pdf)
11. Afolalu, A. S., Adelakun, O. J., Ongbali, S. O., Abioye, A. A., Ajayi, O. O. (2019). Queueing Theory – A Tool for Production Planning in Health Care. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2019*. Available at: [http://www.iaeng.org/publication/WCE2019/WCE2019\\_pp391-396.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCE2019/WCE2019_pp391-396.pdf)
12. Kruger, K., Basson, A. H. (2019). Evaluation of JADE multi-agent system and Erlang holonic control implementations for a manufacturing cell. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32 (3), 225–240. doi: <https://doi.org/10.1080/0951192x.2019.1571231>
13. Atencia, I., Galán-García, J. L., Aguilera-Venegas, G., Rodríguez-Cielos, P., Galán-García, M. Á., Padilla-Domínguez, Y. (2021). A discrete-time queueing system with three different strategies. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 393, 113486. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113486>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244929

#### IMPROVING THE METHODS FOR DETERMINING THE INDEX OF QUALITY OF SUBSYSTEM ELEMENT INTERACTION (p. 72–82)

Alexander Laktionov

National University  
«Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5230-524X>

It was proposed to improve the existing method of determining the quality of interaction of the elements of subsystems of the Machine Operator-Machining Center-Control Program for manufacturing parts (MO-MC-CP) system. This method combines estimates of social (machine operator), technical (machining center), and informational (control program for manufacturing parts) subsystems. Improvements were achieved through the use of four independent indices which are defined separately. One index takes into account single, double and triple interactions of integrated indicators where values of specific weight of weight coefficients depend on the sample size. The other three indices are a synergistic effect where the weight coefficients do not depend on the sample size. Therefore, the model of this index was modified at the expense of additional subsystems.

Existing approaches to determining the indices are not focused on the assessment of the quality of interaction of the MO-MC-CP system, have software limitations, and work with limited sample sizes. With this in mind, it was decided to improve the existing tools of determining the quality indices of interaction to assess levels of interaction of the subsystem elements.

The proposed software-implemented methods and the technology of index assessment improve the efficiency of the assessment of complex systems. Experimental verification has shown the superiority of interaction quality indices over those in the existing methods. A sign of efficiency is as follows: a smaller value of mean-square deviation of the proposed indices in comparison with the existing ones:  $S(I_{Q1})=0.812$ ;  $S(I_{Q2})=0.271$ ;  $S(I_{Q3})=0.675$ ;  $S(I_{Q4})=0.57$  and  $S(I)=0.947$ ;  $S(I)=0.833$ ;  $S(I)=0.594$ , respectively.

The results obtained in the study of the interaction quality index are useful and important because they make it possible to better assess the interaction of subsystem elements and apply the proposed technology at industrial enterprises.

**Keywords:** man-machine system, technology of determining interaction, means of index assessment, assessment conditions.

#### References

1. Tomitsch, M., Hoggenmueller, M.; Wang, B. T., Wang, C. M. (Eds.) (2021). *Designing Human–Machine Interactions in the Automated City: Methodologies, Considerations, Principles*. Automating Cities. *Advances in 21st Century Human Settlements*. Singapore: Springer, 25–49. doi: [http://doi.org/10.1007/978-981-15-8670-5\\_2](http://doi.org/10.1007/978-981-15-8670-5_2)
2. Gautam, R., Singh, P. (2015). Human machine interaction. *International Journal of Science, Technology & Management*, 4, 188–193.
3. Cruz-Benito, J., García-Peñalvo, F. J., Therón, R. (2019). Analyzing the software architectures supporting HCI/HMI processes through a systematic review of the literature. *Telematics and Informatics*, 38, 118–132. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tele.2018.09.006>
4. Al Said, N., Al-Said, K. M. (2020). Assessment of Acceptance and User Experience of Human-Computer Interaction with a Computer Interface. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 14 (11), 107–125. doi: <http://doi.org/10.3991/ijim.v14i11.13943>
5. Nardo, M., Forino, D., Murino, T. (2020). The evolution of man–machine interaction: the role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production & Manufacturing Research*, 8 (1), 20–34. doi: <http://doi.org/10.1080/21693277.2020.1737592>
6. Lepak, L. A. (2006). Metodolohichni zasady analizu i syntezu avtomatyzovanykh informatsiynykh system orhanizatsiynoho upravlinnia. *Zbirnyk naukovo-tekhnychnykh prats. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 198–205.
7. Liu, J.-X., Feng, S.-X., Zeng, X.-Y. (2019). Study on Influencing Factors of Controllers' Undesirable Stress Response Based on GRAY-DEMATEL Method. 2019 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE). doi: <http://doi.org/10.1109/qr2mse46217.2019.9021214>
8. Wijanarka, B. S., Nuchron, N., Rahdiyanta, D., Habanabakize, T. (2018). The Task of Machine Tool Operators in Small and Medium Enterprises in Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 24 (1), 39–45. doi: <http://doi.org/10.21831/jptk.v24i1.18004>
9. Kozyr, A. H. (2021). Analiz metodychnoho zabezpechennia doslidzhen z otsinky erhatychnykh system v protsesi vyprovuvan obladnannia spetsialnogo pryznachennia: Matematychna ta imitatsiine modeliuвання system. MODS 2021. Chernihiv: NU «Chernihivska politekhnika».
10. Lysohor, V. M., Sorokun, S. V., Tsyhanenko, O. M. (2006). Modeli kontroliu hrupovoi vzaiemodii operatoriv liudyno-mashynnykh system upravlinnia u prostori peredatnykh funktsii. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia*, 283–291.
11. Voloshchuk, R. V. (2013). Porivnialnyi analiz pidkhodiv do vyznachen-nia vahovykh koefitsientiv intehralnykh indeksiv stanu skladnykh system. *Induktyvne modeliuвання skladnykh system*, 5, 151–165.
12. Kutkovetskyi, V. Ya. (2002). Ymovirnisni protsesy i matematychna statystyka v avtomatyzovanykh systemakh: navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: Vyd-vo MDHU, 150.
13. Tovkus, O. I., Antypenko, B. A., Bakhmach, M. V., Bychko, D. V., Yelisieieva, A. R., Kovalenko, R. Yu. (2017). Modeli ta informatsiini tekhnologii proektuvannia i upravlinnia v skladnykh systemakh. Sumy: Sum DU, 84.
14. Bouchner, P. Plenary Lecture. Research in the field of Human-Machine Interaction in transport systems: Development of analyzing tools, measurement methodologies and advanced interactive simulators. Available at <https://www.wseas.org/cms.action?id=1390>



15. Krugh, M., McGee, E., McGee, S., Mears, L., Ivanco, A., Podd, K. C., Watkins, B. (2017). Measurement of Operator-machine Interaction on a Chaku-chaku Assembly Line. *Procedia Manufacturing*, 10, 123–135. doi: <http://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.039>
16. Lundberg, J., Johansson, B. J. E. (2020). A framework for describing interaction between human operators and autonomous, automated, and manual control systems. *Cognition, Technology & Work*, 23 (3), 381–401. doi: <http://doi.org/10.1007/s10111-020-00637-w>
17. Villani, V., Czerniak, J. N., Sabattini, L., Mertens, A., Fantuzzi, C. (2019). Measurement and classification of human characteristics and capabilities during interaction tasks. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10 (1), 182–192. doi: <http://doi.org/10.1515/pjbr-2019-0016>
18. Brzowski, M., Nathan-Roberts, D. (2019). Trust Measurement in Human–Automation Interaction: A Systematic Review. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 63 (1), 1595–1599. doi: <http://doi.org/10.1177/1071181319631462>
19. Cochran, D. S., Arinez, J. F., Collins, M. T., Bi, Z. (2016). Modelling of human–machine interaction in equipment design of manufacturing cells. *Enterprise Information Systems*, 11 (7), 969–987. doi: <http://doi.org/10.1080/17517575.2016.1248495>
20. Combefis, S., Giannakopoulou, D., Pecheur, C., Feary, M. (2011). A formal framework for design and analysis of human-machine interaction. 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. doi: <http://doi.org/10.1109/icsmc.2011.6083933>
21. Ke, Q., Liu, J., Bennamoun, M., An, S., Sohel, F., Boussaid, F.; Leo, M., Farinella, G. M. (Eds.) (2018). *Computer Vision for Human–Machine Interaction. Computer Vision for Assistive Healthcare*, 127–145. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-813445-0.00005-8>
22. Laktionov, O. I., Flehantov, L.O. (2019). Improvement of method-quality assessment interaction machine workers with technical and information subsystem elements. *Elektronni ta mekhatronni systemy: teoriia, innovatsii, praktyka*. Poltava: Poltavskiy Natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Yurii Kondratiuka, 148–155.
23. Laktionov, O. I. (2021). Doslidzhennia tekhnolohii otsiniuvannia y vidboru skladnykh system: Matematychno ta imitatsiine modeliuvannia system. MODS 2021. Chernihiv: NU «Chernihivska politekhnika».
24. Akulenko, K. Yu. (2017). *Konspekt lektsii z navchalnoi dystsypliny «Teoriia pryiniattia rishen» dlia studentiv spetsialnosti 122 «Kompjuterni nauky» dennoi formy navchannia*. Rivne: NUVHP, 51.
25. Bijma, F., Jonker, M., Vaart, A., Ern , R. (2017). *An Introduction to Mathematical Statistics*. Amsterdam University Press. doi: <http://doi.org/10.1515/9789048536115>
26. Samborskyi, O. S. (2017). Obhruntuvannia vyboru metodu formuvannia vybirky u doslidzhenniakh farmatsevychnoho rynku. *Kharkiv: Natsionalnyi farmatsevychnyi universytet MOZ Ukrainy*, 27.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247248

**DEVELOPMENT OF A METHOD OF COORDINATION OF PROJECT AND OPERATIONAL ACTIVITIES IN THE PROCESS OF MANUFACTURING COMPLEX KNOWLEDGE-INTENSIVE PRODUCTS (p. 83–92)**

**Iurii Teslia**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5185-6947>

**Iulia Khlevna**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1874-1961>

**Oleksii Yehorchenkov**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1390-5311>

**Tatiana Latysheva**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6349-5715>

**Oleg Grigor**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5233-290X>

**Yuriy Tryus**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0739-2065>

**Tetiana Prokopenko**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6204-0708>

**Oksana Polishchuk**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5263-3262>

It is shown that the production processes of project-oriented enterprises focused on manufacturing complex knowledge-intensive products combine project and operational activities. Analysis of project management methodologies in terms of their suitability for managing the activities of project-oriented enterprises engaged in manufacturing these products was conducted. It was found that project management methodologies do not address this issue, remaining outside the scope of project managers. To eliminate this shortcoming of the project management methodology, it was proposed to supplement it with the concept and method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products.

The concept of integration of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products was proposed. A method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products was developed. The following criteria were proposed: management of operational processes as processes depending on the progress of projects; evaluation of the success of projects taking into account the assessment of their provision with products of operational activities. A model for calculating the number of components to be produced during the implementation of projects of manufacturing complex knowledge-intensive piece products was developed. The method of multiple simulations of project and operational processes in projects of manufacturing complex knowledge-intensive products was proposed.

The developed concept and method passed practical testing at enterprises engaged in manufacturing complex knowledge-intensive products, in particular, Karbon Invest, LLC (Ukraine), and showed high efficiency of managing projects of manufacturing complex knowledge-intensive products. The developed tools allow creating integrated management systems for project and operational production of complex knowledge-intensive products.

**Keywords:** project management, project provision management, projects of manufacturing complex knowledge-intensive products.

**References**

1. Karlinskaya, E. V., Katanskiy, V. B. Upravlenie portfelyami proektov v sootvetstvii so standartom PMI i sistemoy IBM Rational Portfolio Manager. Available at: <https://docplayer.com/36401958-Upravlenie-portfelyami-proektov-v-sootvetstvii-so-standartom-pmi-i-sistemoy-ibm-rational-portfolio-manager.html>
2. Koshkin, K. V., Gayda, A. Yu. (2013). Upravlenie resursami portfelya proektov naukoemkih proizvodstv v sisteme s prognoziruyschey model'yu. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*, 1 (7), 61–66.
3. Teslia, I., Latysheva, T. (2016). Development of conceptual frameworks of matrix management of project and programme portfolios.

- Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (79)), 12–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.61153>
4. Bushueva, N. S. (2014). Mekhanizmy matrichnykh tekhnologiy proaktivnogo sbalansirovannogo upravleniya programmami organizatsionnogo razvitiya. Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva, 2, 96–106. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv\\_2014\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv_2014_2_12)
  5. Velychko, O., Velychko, L. (2018). Matrix structures in management of quality of educational and scientific work of Ukrainian universities. Problems and Perspectives in Management, 16 (1), 133–144. doi: [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(1\).2018.13](https://doi.org/10.21511/ppm.16(1).2018.13)
  6. Chang, H. (2014). Matrix Method Application on the Civil Engineering Project Management. Advanced Materials Research, 919–921, 1462–1465. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.919-921.1462>
  7. Brandl, F. J., Roeder, N., Hehl, M., Reinhart, G. (2021). Selecting practices in complex technical planning projects: A pathway for tailoring agile project management into the manufacturing industry. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 33, 293–305. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.03.017>
  8. Voznyi, A. M., Koshkin, K. V., Shamray, A. N., Pharionova, T. A. (2010). Designing effective organizational structure for the shipyard's project portfolio cost management. Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva, 2, 9–17. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv\\_2010\\_2\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv_2010_2_3)
  9. Egorchenkova, N. Yu. (2011). Integratsiya matrichnykh tekhnologiy i metoda kriticheskikh tsepey v upravlenii resursami portfeley proektov i programm. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 7, 30–34. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss\\_2011\\_7\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2011_7_7)
  10. Danchenko, O. B. (2014). Ohliad suchasnykh metodolohiy upravlinnia ryzykamy v proektakh. Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva, 1, 16–25. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv\\_2014\\_1\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uprv_2014_1_4)
  11. Bierwolf, R., Romero, D., Pelk, H., Stettina, C. J. (2017). On the future of project management innovation: A call for discussion towards project management 2030. 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). doi: <https://doi.org/10.1109/ice.2017.8279952>
  12. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (2017). Project Management Institute. Available at: <https://book.akij.net/eBooks/2018/March/5abcc35b666f7/a%20guide%20to%20the%20project%20management%20body%20of%20knowledge%206.pdf>
  13. Microsoft Project Professional 2016. Available at: <https://itpro.ua/product/microsoft-project-professional-2016/?tab=description>
  14. Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management. Available at: <https://www.oracle.com/industries/construction-engineering/primavera-p6>
  15. Clarizen. Available at: <https://www.clarizen.com/>
  16. Projectlibre. Available at: <https://www.projectlibre.com/>
  17. Teslia, I., Khlevna, I., Yehorchenkov, O., Zaspas, H., Khlevny, A. (2021). The concept of integrated information technology of enterprises project activities management implementation. Proceedings of the 2nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2021), 2851, 143–152. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper13.pdf>
  18. Yehorchenkova, N., Yehorchenkov, O., Teslia, I., Khlevna, I., Grygor, O. (2021). Structure and functions of supporting subsystems in the management of project-oriented businesses of companies. XVth International Scientific and Technical Conference «Computer Sciences and Information Technologies». Lviv.
  19. Teslia, I., Yehorchenkov, O., Khlevna, I., Khlevnyi, A. (2018). Development of the concept and method of building of specified project management methodologies. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (3 (95)), 6–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142707>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248040

**DEVISING AN INDIVIDUALLY ORIENTED METHOD FOR SELECTION OF SCIENTIFIC ACTIVITY SUBJECTS FOR IMPLEMENTING SCIENTIFIC PROJECTS BASED ON SCIENTOMETRIC ANALYSIS (p. 93–100)**

**Huilin Xu**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
Yancheng Polytechnic College, Hangzhou  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1794-3270>

**Alexander Kuchansky**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1277-8031>

**Myroslava Gladka**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5233-2021>

The main factors influencing the choice of individual subjects of the scientific activity or potential partners and executors for scientific and educational projects were analyzed. The specific features of choosing project executors of different categories were indicated. The functional responsibilities of project participants in accordance with the project structure were described.

The individually oriented method for choosing subjects of scientific activity as executors of scientific and educational projects was developed, taking into account the productivity of their scientific activities in the past and considering the structure of projects. To determine the merits of the subjects of scientific activity, which are included in the relevant scientific subject spaces, it is necessary to apply the procedure of their productivity assessment. In addition, it is necessary to predict a change in productivity in the future based on retrospective data for this subject. Next, it is required to solve the multi-criteria problem of the choice among the subjects of scientific activity who are quite productive in the opinion of the project manager. The use of the developed method reduces the subjective impact on making a decision regarding the choice of project executors. This is due to the fact that they are chosen by automated calculation of scientometric indicators of subjects, guided only by open sources of information.

The individually oriented method for the selection of subjects of scientific activity was verified on the example of the formation of three applications of research projects. As a result, the average percentage of scientists who meet the requirements of project managers for each scientific subject space was about 46.55 %. The percentage of those involved in the project from those who were selected is about 24.07 %. The probability of cooperation is higher among those who have an average h-index.

**Keywords:** subject of scientific activity, scientometric analysis, scientific project, multicriterial problem of choice.

**References**

1. Bogers, M., Chesbrough, H., Moedas, C. (2018). Open Innovation: Research, Practices, and Policies. California Management Review, 60 (2), 5–16. doi: <http://doi.org/10.1177/0008125617745086>
2. Beck, S., Bergenholtz, C., Bogers, M., Brasseur, T.-M., Conradsen, M. L., Di Marco, D. et. al. (2020). The Open Innovation in Science research field: a collaborative conceptualisation approach. Industry and Innovation, 1–50. doi: <http://doi.org/10.1080/13662716.2020.1792274>
3. Kazakovtsev, V., Oreshin, S., Serdyukov, A., Krashennikov, E., Muravyov, S., Bezinnyi, A. et. al. (2020). Recommender system for an academic supervisor with a matrix normalization approach. 2020 International Conference on Control, Robotics and Intelligent System. doi: <http://doi.org/10.1145/3437802.3437817>

4. Bushuyev, D., Bushuieva, V., Kozyr, B., Ugay, A. (2020). Erosion of competencies of innovative digitalization projects. *Scientific Journal of Astana IT University*, 1, 70–83. doi: <http://doi.org/10.37943/aitu.2020.1.63658>
5. Sihombing, D. I., Sitompul, O. S., Sutarman, Nababan, E. (2018). Combining the use of analytical hierarchy process and lexicographic goal programming in selecting project executor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 420. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/420/1/012113>
6. Chu, X. N., Tso, S. K., Zhang, W. J., Li, Q. (2000). Partners Selection for Virtual Enterprises. *Proceedings of the 3th World Congress on Intelligent Control and Automation*, 164–168. doi: <http://doi.org/10.1109/wcica.2000.859940>
7. Al-Khalifa, A. K., Eggert Peterson, S. (1999). The partner selection process in international joint ventures. *European Journal of Marketing*, 33 (11/12), 1064–1081. doi: <http://doi.org/10.1108/03090569910292276>
8. Feng, W. D., Chen, J., Zhao, C. J. (2000). Partners Selection Process and Optimization Model for Virtual corporations Based on Genetic Algorithms. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 40, 120–124.
9. Zhong, Y., Jian, L., Zijun, W. (2009). An integrated optimization algorithm of GA and ACA-based approaches for modeling virtual enterprise partner selection. *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, 40 (2), 37–56. doi: <http://doi.org/10.1145/1531817.1531824>
10. Schall, D. (2014). A multi-criteria ranking framework for partner selection in scientific collaboration environments. *Decision Support Systems*, 59, 1–14. doi: <http://doi.org/10.1016/j.dss.2013.10.001>
11. Wagner, C. S., Leydesdorff, L. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34 (10), 1608–1618. doi: <http://doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.002>
12. Fu, F., Hauert, C., Nowak, M. A., Wang, L. (2008). Reputation-based partner choice promotes cooperation in social networks. *Physical Review E*, 78 (2). doi: <http://doi.org/10.1103/physreve.78.026117>
13. Kleinberg, J. M. (1999). Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM*, 46 (5), 604–632. doi: <http://doi.org/10.1145/324133.324140>
14. Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T. (1999). The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. Available at: <http://ilpubs.stanford.edu:8090/422/>
15. Haveliwala, T. H. (2002). Topic-sensitive PageRank. *Proceedings of the 11th International Conference on World Wide Web – WWW '02*. New York, 517–526. doi: <http://doi.org/10.1145/511446.511513>
16. Xu, H., Kuchansky, A., Biloshchytska, S., Tsiutsiura, M. (2021). A Conceptual Research Model for the Partner Selection Problem. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). doi: <http://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9465931>
17. Yershov, S. V., Ponomarenko, R. M. (2018). Parallel Fuzzy Inference Method for Higher Order Takagi–Sugeno Systems. *Cybernetics and Systems Analysis*, 54 (6), 1003–1012. doi: <http://doi.org/10.1007/s10559-018-0103-3>
18. Wang, D., Yang, X.C., Wang, G.R. (2002). Implementation of Partner Selection in Virtual Enterprise Based on Fuzzy-AHP. *Journal of Northeastern University*, 21 (6), 606–609.
19. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2019). Improvement of the method for scientific publications clustering based on n-gram analysis and fuzzy method for selecting research partners. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (100)), 6–14. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175139>
20. Li, B., Zhang, J. (2021). A Cooperative Partner Selection Study of Military-Civilian Scientific and Technological Collaborative Innovation Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set. *Symmetry*, 13 (4), 553. doi: <http://doi.org/10.3390/sym13040553>
21. Gladka, M., Kravchenko, O., Hladkyi, Y., Borashova, S. (2021). Qualification and Appointment of Staff for Project Work in Implementing IT Systems Under Conditions of Uncertainty. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). doi: <http://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9465897>
22. Kolomiiets, A., Morozov, V. (2020). Investigation of Optimization Models in Decisions Making on Integration of Innovative Projects. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*, 51–64. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3\\_4](http://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_4)
23. Boyko, R., Shumyhai, D., Gladka, M. (2016). Concept, Definition and Use of an Agent in the Multi-agent Information Management Systems at the Objects of Various Nature. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 59–63. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-319-48923-0\\_8](http://doi.org/10.1007/978-3-319-48923-0_8)
24. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Omirbayev, S., Mukhatayev, A., Faizullin, A., Toxanov, S. (2021). Development of the set models and a method to form information spaces of scientific activity subjects for the steady development of higher education establishments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (111)), 6–14. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233655>
25. Kuchansky, A., Biloshchytskyi, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Honcharenko, T., Nikolenko, V. (2019). Fractal time series analysis in non-stationary environment. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, 236–240. doi: <http://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061554>
26. Mulesa, O., Geche, F., Batyuk, A., Myronyuk, I. (2018). Using a system approach in the process of the assessment problem analysis of the staff capacity within the health care institution. *IEEE Conference: Computer science and information technologies (CSIT 2018)*, 177–180. doi: <http://doi.org/10.1109/stc-csit.2018.8526749>
27. Mulesa, O., Geche, F., Voloshchuk, V., Buchok, V., Batyuk, A. (2017). Information Technology for time series forecasting with considering fuzzy expert evaluations. *IEEE Conference: Computer Science and Information Technologies*, 105–108. doi: <http://doi.org/10.1109/stc-csit.2017.8098747>
28. Mulesa, O., Geche, F. (2016). Designing fuzzy expert methods of numeric evaluation of an object for the problems of forecasting. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (81)), 37–43. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.70515>
29. Chen, L., Jagota, V., Kumar, A. (2021). Research on optimization of scientific research performance management based on BP neural network. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. doi: <http://doi.org/10.1007/s13198-021-01263-z>
30. Liu, L., Ran, W. (2019). Research on supply chain partner selection method based on BP neural network. *Neural Computing and Applications*, 32 (6), 1543–1553. doi: <http://doi.org/10.1007/s00521-019-04136-6>
31. Han, J., Teng, X., Cai, X. (2019). A novel network optimization partner selection method based on collaborative and knowledge networks. *Information Sciences*, 484, 269–285. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.072>
32. Wi, H., Oh, S., Mun, J., Jung, M. (2009). A team formation model based on knowledge and collaboration. *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 9121–9134. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.12.031>
33. Lungeanu, A., Huang, Y., Contractor, N. S. (2014). Understanding the assembly of interdisciplinary teams and its impact on performance. *Journal of Informetrics*, 8 (1), 59–70. doi: <http://doi.org/10.1016/j.joi.2013.10.006>
34. Lungeanu, A., Sullivan, S., Wilensky, U., Contractor, N. S. (2015). A computational model of team assembly in emerging scientific fields. 2015 Winter Simulation Conference (WSC). doi: <http://doi.org/10.1109/wsc.2015.7408559>

35. Lungeanu, A., Carter, D. R., DeChurch, L. A., Contractor, N. S. (2018). How Team Interlock Ecosystems Shape the Assembly of Scientific Teams: A Hypergraph Approach. *Communication Methods and Measures*, 12 (2-3), 174–198. doi: <http://doi.org/10.1080/19312458.2018.1430756>
36. Wang, Q., Ma, J., Liao, X., Du, W. (2017). A context-aware researcher recommendation system for university-industry collaboration on R&D projects. *Decision Support Systems*, 103, 46–57. doi: <http://doi.org/10.1016/j.dss.2017.09.001>
37. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2020). The use of probabilistic latent semantic analysis to identify scientific subject spaces and to evaluate the completeness of covering the results of dissertation studies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (106)), 21–28. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209886>
38. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Mukhatayev, A., Toxanov, S., Faizullin, A. (2020). Methods of Assessing the Scientific Activity of Scientists and Higher Education Institutions. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), 162–167. doi: <http://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349348>
39. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Paliy, S., Biloshchytska, S., Bronin, S., Andrashko, Y. et. al. (2018). Development of technical component of the methodology for project–vector management of educational environments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (92)), 4–13. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126301>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.245854

### РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ СТРІЛЬБИ НА ОСНОВІ МАРКІВСЬКОЇ МОДЕЛІ (с. 6–17)

В. О. Болтынков, О. І. Брунеткін, Є. В. Добринін, О. Б. Максимова, В. В. Кузьменко, П. С. Гульцов, В. Е. Демиденко, О. В. Соловійова

Розроблено метод підвищення ефективності стрільби артилерійського підрозділу. У разі сучасного застосування артилерії для контрбатареїнної боротьби ефективність стрільби недостатньо оцінювати лише точністю. Необхідно також враховувати та мінімізувати час перебування підрозділу на вогневій позиції та витрату снарядів на поразку цілі.

Показано, що для оцінки ефективності артилерійського пострілу через початкову швидкість снаряда найбільш швидкодіючим і простим засобом є класифікація якості пострілу за акустичним полем. Удосконалено методику класифікації пострілу шляхом застосування автоматичного класифікатора з навчанням на основі машини опорних векторів з найменшими квадратами. Встановлено, що похибка класифікації ефективності пострілу другого роду не перевищує 0,05. Введено поняття ефективності одиночного артилерійського пострілу. В умовах інтенсивної стрільби в кожному пострілі можуть бути випадкові збурення за рахунок зносу зарядної камери гармати, її стволю і за рахунок неповної інформації про пороховий заряд. В умовах стрільби зі збуреннями стрільба артилерійського підрозділу може бути описана моделлю марківського дискретного ланцюга. На основі марківської моделі розроблено метод підвищення ефективності артилерійської стрільби. Метод заснований на виділенні гармат, які роблять неефективні постріли. Запроваджено етап управління вогнем підрозділу. У процесі управління вогнем підрозділу такі гармати виключаються із подальшої стрільби. Введено узагальнений критерій ефективності артилерійської стрільби підрозділу, що ґрунтується на згортанні критеріїв. Показано, що розроблений метод суттєво підвищує ефективність стрільби за узагальненим критерієм.

**Ключові слова:** артилерійський підрозділ, ефективність стрільби, акустичне поле пострілу, марківська модель, узагальнений критерій ефективності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248291

### РОЗРОБКА РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗБЕРЕЖУВАНOSTI ВИРОБІВ ОДНОКРАТНОГО ЗАСТОСУВАННЯ (с. 18–35)

Б. М. Ланецький, В. В. Лук'яничук, І. В. Коваль, Г. В. Худов, А. М. Гордієнко, О. О. Зверев, О. В. Шкнай, В. Г. Козлов, Д. М. Беляєв, О. В. Гречка

Для управління експлуатацією сучасних виробів однократного застосування необхідно оцінювати їх показники збережуваності як об'єктів, що не контролюються, не відновлюються та не обслуговуються. Відомі методи передбачають заданим вид функції розподілу строку збережуваності. Дані для оцінювання її параметрів розглядаються як однократно цензуровані вибірки при безперервному контролі, що не відповідає режиму зберігання виробів при експлуатації. В умовах обмежених обсягів цензурованих вибірок ідентифікувати параметричну модель збережуваності проблематично.

Для вирішення цієї проблеми розроблений непараметричний розрахунково-експериментальний метод, що є сукупністю моделей формування даних, оцінювання функції розподілу строку збережуваності та показників збережуваності.

Модель формування даних представлена схемою експлуатаційних випробувань та аналітичними співвідношеннями між кількістю виробів, що випробовуються та відмовляють. Модель оцінювання функції розподілу описує процес її побудови за сформованими даними. Моделі оцінювання показників збережуваності представлені співвідношеннями для їх точкових та інтервальних оцінок, як функціоналів від відновленої функції розподілу. На відміну від відомих, розроблений метод реалізує оцінювання показників в умовах комбінованого цензурування.

Метод можна використовувати для оцінювання показників збережуваності виробів однократного застосування з похибкою не гірше 7 %. При цьому їх нижні довірчі межі оцінюються на рівні 0,9 з похибкою не гірше 14 % при ступені цензурування не більш 0,23. Відновлена функція розподілу гарно узгоджується (достовірність 0,9, похибка 0,1) з фактичною збережуваністю виробів при ступенях цензурування не більш 0,73, що є прийнятним для вирішення задач управління їх експлуатацією.

**Ключові слова:** показники збережуваності, вироби однократного застосування, управління експлуатацією, точкова оцінка, інтервальна оцінка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249270

### РОЗРОБКА МАТРИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАМКНУТОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОЇ ЛОГІСТИКИ (с. 36–46)

О. П. Угольников, В. І. Дяченко, Ю. О. Клят, А. В. Косенко, С. В. Шелухін

Відмічена тенденція інтенсивного розвитку нового наукового напрямку, що спрямований на оптимізацію процесів всебічного забезпечення життєдіяльності суспільства і виробничих процесів країн, тобто напрямку логістики, та її важливішої частини, військової логістики. Відмічені типові протиріччя між необхідністю і можливостями додаткового розвитку теорії процесів забезпечення цією системою. З одного боку військові мають для аналізу важливі, динамічні, багатогранні процеси всебічного забезпечення їх бойових дій, що потребує суттєвої активізації розробки методів і моделей кількісного аналізу ефективності функціонування систем військової

логістики. З іншого боку зараз спостерігається обмежена наявність теоретичних розробок і практичного застосування потрібного, зручного, ефективного математичного інструментарію, що спрямований на комп'ютеризацію вирішення завдань забезпечення військових науково-технічних завдань в реальному масштабі часу.

Запропоновано матричну технологію прогнозування динаміки функціонування замкнутих систем військової логістики різного військового призначення. Матричне числення дозволяє отримувати проміжні і кінцеві результати в компактному вигляді та здійснювати складні та громіздкі розрахунки з використанням ефективних алгоритмів. Запропоновано метод точного вирішення системи лінійних диференціальних рівнянь, що описують процеси довільного виду. Метод заснований на використанні операційного числення Лапласа. Можливості методів та технології прогнозування ілюстровані вирішенням практичних військових завдань, які виникають під час функціонування систем військової логістики різної складності. Ці завдання відрізняються конфігурацією, різним числом можливих станів та переходів із стану у стан.

**Ключові слова:** військова логістика, динаміка функціонування, матрична технологія прогнозування, система забезпечення, стани системи, операційне числення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.249264

### РОЗРОБКА МНОЖИНИ МАНДЕЛЬБРОТА ДЛЯ ЛОГІСТИЧНОЇ КАРТИ З ДВОМА ПАРАМЕТРАМИ НА КОМПЛЕКСНІЙ ПЛОСКОСТІ (с. 47–56)

Wasan Saad Ahmed, Saad Qasim Abbas, Muntadher Khamees, Mustafa Musa Jaber

У цій статті дослідження динамічної поведінки логістичної карти не використовувалося з поданням фрактальної графіки карти, логістична карта залежить від двох параметрів і працює в комплексній площині, карта визначається як  $f(z, \alpha, \beta) = \alpha z(1-z)^\beta$ , де  $\alpha$  – комплексні числа, а  $\beta$  – позитивне ціле число. Метод візуалізації використовувався у роботі для створення фракталів карти та перевірки зв'язку між значенням  $\beta$  та формою карти. Цей аналіз візуалізації також показав, що в міру збільшення значення  $\beta$ , оскільки кількість виступів у функції також збільшується, і це демонструє, що це вірно також для першої функції ітерації,  $f^2(x_0) = f(f(x_0))$  і другої ітерації,  $f^3(x_0) = f(f^2(x_0))$ . Крім того, метод візуалізації показав, що кількість виступів у цьому фракталі менша, ніж у другій ітерації вихідної функції. Вивчення критичних точок та їх властивостей логістичної карти також обговорювалося, у той час як знаходження фіксованої точки призвело до знаходження критичної точки функції  $f$ , крім того, вона не була доведена для багатьох точок  $\alpha \in \mathbb{C}$  і  $\beta \in \mathbb{N}$ . Ітераційна функція  $f(f(z))$  має нерухомі точки притягнення і належить області, заданій диск  $|1 - \beta(\alpha - 1)|$  складних планів з використанням принципу шляху таким чином, що шлях до критичної точки  $z = z_0$  був обмежений, було доведено, що множина Мандельброта  $f(z, \alpha, \beta)$  містить усі нерухомі точки притягнення та всі комплексні числа, в яких  $\alpha \leq (1/\beta + 1)$  ( $1/\beta + 1$ ), а також була ідентифікована область, що містить нерухомі точки притягнення для  $f^2(z, \alpha, \beta)$ .

**Ключові слова:** нерухомі точки, логістична карта, квадратична карта, множина Мандельброта, Zoomer Chaos.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248191

### ОПТИМІЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ПРИ УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВАМИ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ТА ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ (с. 57–63)

Л. М. Волинець, О. Ю. Сопочко, Ю. С. Хрутьба, А. В. Севост'янова, Я. С. Левченко

Для підвищення ефективності управління підприємствами аграрного сектору, необхідно вдосконалювати логістичні процеси доставки продукції тваринництва та рослинництва при здійсненні міжнародних автомобільних перевезень. Доставка вантажу «точно в термін» є дуже важливою, тому планування часу перевезення є актуальним та дозволяє зменшити витрати.

Описано процес планування доставки швидкокопсувних вантажів. Представлено розклад необхідного для цього часу для транспортування із різноманітним ступенем стохастичності. Визначено, що специфіка проходження митного оформлення впливає на наявність певного мінімального часу необхідного для такої процедури. Час митного оформлення вантажу та час затримки впливають на кінцевий термін оформлення вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях. Найбільш широкий розклад часу займає процедура митного оформлення вантажу від 12 год до 25 год, а ймовірність митного оформлення складає лише 0,435. Відповідно, це впливає на зниження показників доставки «точно в термін». Здійснено порівняння функціональної залежності ймовірності транзитного часу, що не перевищує запланований, на даних зазначеного маршруту. На основі ймовірнісного аналізу враховано можливість незапланованих відхилень від розрахункових термінів кожного із етапів та запропоновано оптимальний набір проміжків часу, що дозволяють отримати оптимальну ймовірність доставки «точно в термін». Загальний час доставки вантажу не змінюється.

Надано рекомендації для формулювання вимог для підприємств автомобільного транспорту. А саме посилити вимоги по часу транзиту вантажу. До таких вимог належать середня швидкість руху, вибір відповідного транспорту, планування маршруту з точки зору швидкісного режиму магістралей та ін.

**Ключові слова:** швидкокопсувний вантаж, підприємства автомобільного транспорту, витрати, швидкокопсувні продукти харчування, тваринництво.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244976

### ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ КОНТАКТ-ЦЕНТРУ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМИ IP IVR (с. 64–71)

Katipa Chezhimbayeva, Madina Konyrova, Saule Kumyrbayeva, Elvira Kadylbekkyzy

У роботі розглядається форма обліку спеціалізації інформаційних потреб. Проведено аналіз роботи сучасних колл-центрів. Автори відзначили ефективність використання IVR-пристроїв, операторів і консультантів для диференційованого обслуговування

клієнтів і необхідність обліку зворотного зв'язку при формуванні потоку доходів заявок. Моделі дозволяють визначити випереджаючі показники якості обслуговування заявок, що надходять в колл-центр. Формальні вирази для описів виведені зі значень вхідних параметрів і стаціонарної ймовірності моделі. Взаємозв'язки між характеристиками колл-центру, що регулюють інтенсивність вхідних і вихідних дзвінків, обробку викликів через ЗСХPhone, корпоративну пошту і соціальні мережі, були отримані з використанням глобальної статистики. Розроблена методика організації інформаційно-довідкових систем дозволяє враховувати сучасні тенденції розвитку колл-центрів. У роботі представлені результати досліджень з використанням системи IP IVR. Наведено результати розрахунку характеристик обслуговування для двох різних типів викликів зі змішаним порядком  $\omega=(0,5; 0,7; 0,9)$ . Представлені результати були отримані за допомогою експериментальних даних колл-центру АТ "Казахтелеком". Для розрахунків автори використовували формули теорії телетрафіка для змішаної системи обслуговування. Також оцінено ступінь впливу комбінованої моделі обслуговування на якість викликів контакт-центру. Показано, що ймовірність втрачених викликів залежить від вхідного навантаження. Отримані результати демонструють, що змішаний порядок обслуговування вхідних викликів впливає на ймовірність збою обслуговування.

**Ключові слова:** інтерактивне голосове меню, якість обслуговування, ймовірність виклику, теорія масового обслуговування, теорія телетрафіка, системи зв'язку.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244929

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСІВ ЯКОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСИСТЕМ СИСТЕМИ (с. 72–82)

О. І. Лактіонов

Запропоновано удосконалення існуючого методу визначення якості взаємодії елементів підсистем системи «Верстатник-Оброблювальний центр-Керуюча програма виготовлення деталі», ВОКП. Вказаний метод об'єднує оцінки соціальної (верстатник), технічної (оброблювальний центр) та інформаційної (керуюча програма виготовлення деталі) підсистем. Удосконалення здійснюється шляхом використання чотирьох незалежних індексів, що визначаються окремо. Один враховує одиничну, подвійну та потрійну взаємодії інтегрованих показників, де значення питомої ваги вагових коефіцієнтів залежать від обсягу вибірки. Три інші – синергетичний ефект, де вагові коефіцієнти не залежать від обсягу вибірки. Тому модель вказаного індексу модифікована за рахунок додаткових підсистем.

Існуючі підходи визначення індексів не зорієнтовані на оцінювання якості взаємодії системи ВОКП, мають обмеження програмних засобів та працюють з обмеженими обсягами вибірок. Враховуючи це, вирішено удосконалити існуючий інструментарій визначення індексів якості взаємодії для оцінювання рівнів взаємодії елементів підсистем.

Запропоновані й програмно реалізовані методи та технологія індексного оцінювання підвищує ефективність оцінювання складних систем. Експериментальна верифікація показала перевагу індексів якості взаємодії над існуючими методами. Ознакою ефективності є мінімальне значення середньоквадратичного відхилення запропонованих індексів у порівнянні з існуючими  $S(I_{ЯВ1})=0,812$ ;  $S(I_{ЯВ2})=0,271$ ;  $S(I_{ЯВ3})=0,675$ ;  $S(I_{ЯВ4})=0,57$  та  $S(I)=0,947$ ;  $S(I)=0,833$ ;  $S(I)=0,594$  відповідно.

Отримані результати дослідження індексу якості взаємодії є корисними і важливими, бо дозволяють якісніше проводити процес оцінки взаємодії елементів підсистем та використовувати запропоновану технологію на промислових підприємствах.

**Ключові слова:** людино-машинна System, технологія визначення взаємодії, засіб індексного оцінювання, умови оцінювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247248

## РОЗРОБКА МЕТОДУ КООРДИНАЦІЇ ПРОЄКТНОЇ ТА ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛАДНОЇ НАУКОМІСТКОЇ ПРОДУКЦІЇ (с. 83–92)

Ю. М. Тесля, Ю. Л. Хлевна, О. В. Єгорченков, Т. В. Латишева, О. О. Григор, Ю. В. Тріус, Т. О. Прокопенко, О. В. Поліщук

Показано, що виробничі процеси проєктно-орієнтованих підприємств, орієнтованих на випуск складної наукомісткої продукції, поєднують проєктну та операційну діяльність. Проведено аналіз методологій управління проєктами з точки зору їх пристосованості до управління діяльністю проєктно-орієнтованих підприємств, зайнятих випуском цієї продукції. Виявлено, що в методологіях управління проєктами це питання не розглядається, залишаючись за межами діяльності проєктних менеджерів. Для усунення цього недоліку методологій управління проєктами запропоновано доповнити її концепцією та методом координації проєктної та операційної діяльності в процесі виготовлення складної наукомісткої продукції.

Запропоновано концепцію інтеграції проєктної та операційної діяльності в процесі виготовлення складної наукомісткої продукції. Розроблено метод координації проєктної та операційної діяльності в процесі виготовлення складної наукомісткої продукції. Запропоновано критерії: управління операційними процесами, як процесами, що залежні від ходу виконання проєктів; оцінки успішності проєктів, який враховує оцінку їх забезпечення продуктами операційної діяльності. Розроблено модель розрахунку кількості комплектуючих, які повинні виготовлятися впродовж реалізації проєктів створення складних наукомістких поштучних виробів. Запропоновано метод багаторазового моделювання проєктних і операційних процесів у проєктах виготовлення складної наукомісткої продукції.

Розроблені концепція та метод пройшли практичну перевірку на підприємствах, які займаються виробництвом складної наукомісткої продукції, зокрема, ТОВ «Карбон Інвест» (Україна), та показали високу ефективність управління проєктами створення складної наукомісткої продукції. Розроблені інструменти дозволяють створювати цілісні системи управління проєктно-операційним виробництвом складних наукомістких виробів.

**Ключові слова:** управління проєктами, управління забезпеченням проєктів, проєкти виготовлення складної наукомісткої продукції.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248040

**РОЗРОБКА ІНДИВІДУАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО МЕТОДУ ВИБОРУ СУБ'ЄКТІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ НАУКОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ (с. 93–100)**

Huilin Xu, O. Yu. Kuchanskyi, M. V. Gladka

Проведено аналіз основних факторів, що впливають на вибір індивідуальних суб'єктів наукової діяльності або потенційних партнерів та виконавців до складу наукових та освітніх проєктів. Вказано особливості вибору виконавців проєкту різних категорій. Описано функціональні обов'язки учасників проєктів відповідно до структури проєктів.

Розроблено індивідуально-орієнтований метод вибору суб'єктів наукової діяльності як виконавців наукових та освітніх проєктів, враховуючи продуктивність їх наукової діяльності в минулому та з урахуванням структури проєктів. Для визначення переваг суб'єктів наукової діяльності, які включаються до відповідних предметних наукових просторів, необхідно застосувати процедуру оцінювання їх продуктивності. Крім того, потрібно спрогнозувати зміну продуктивності в майбутньому на основі ретроспективних даних для даного суб'єкта. Далі потрібно розв'язати багатокритеріальну задачу вибору серед тих суб'єктів наукової діяльності, які є достатньо продуктивними на думку менеджера проєкту. Використання розробленого методу дозволяє зменшити суб'єктивний вплив на прийняття рішення щодо вибору виконавців проєкту. Це пов'язано з тим, що вибір здійснюється шляхом автоматизованого розрахунку наукометричних показників суб'єктів, керуючись тільки відкритими джерелами інформації.

Проведена верифікація індивідуально-орієнтованого методу вибору суб'єктів наукової діяльності на прикладі формування трьох заявок науково-дослідних проєктів. В результаті середній відсоток науковців, які задовольняють вимоги менеджерів проєктів за кожним предметним науковим простором склав близько 46.55 %. Відсоток тих, кого залучають до виконання проєкту з числа відібраних складає близько 24.07 %. Ймовірність співпраці вища серед тих, хто має середній h-індекс.

**Ключові слова:** суб'єкт наукової діяльності, наукометричний аналіз, науковий проєкт, багатокритеріальна задача вибору.