

## ABSTRACT AND REFERENCES

## MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265782**  
**MODELS OF ADAPTIVE INTEGRATION OF**  
**WEIGHTED INTERVAL DATA IN TASKS OF**  
**PREDICTIVE EXPERT ASSESSMENT (p. 6–15)**

**Igor Ruban**

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

**Hennadii Horenskyi**

Kharkiv National University  
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0035-2239>

**Yuri Romanenkov**

National Aerospace University  
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6544-5348>

**Daniil Revenko**

National Aerospace University  
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8125-1474>

The problem of improving the methodological and algorithmic support of the complexing process by developing models of adaptive redundant complexing of weighted interval data has been solved. The object of this study is the process of complexing interval data obtained from several independent sources; the subject is the algebraic methods of excessive complexing of weighted interval data. The relevance of the task is due to the severity of the problem of consolidating homogeneous data in order to obtain more accurate and relevant information about the object or process under study. Models have been developed that, unlike the existing ones, make it possible a posteriori to take into account the accuracy of experts at the preliminary stage of expert evaluation. A single analytical form of the model for processing weighted interval and point estimates with the possibility of structural and parametric tuning is proposed. It allows one to increase the degree of automation of processing expert assessments under conditions of interval uncertainty. Recommendations for the practical application of the proposed models have been formulated. Options for parametric configuration of preference functions were indicated depending on the characteristics of weighted interval estimates. The commonality of the limiting cases of the proposed models with previously known ones is proved. The example shows the shift of the integrated assessment to the side of more accurate assessments at the previous stage of source assessment. The adaptability of the proposed models is illustrated. At the same time, a slight, on average, about 10 %, expansion of the complexed interval relative to the primary ones was registered. The built models and algorithms can be used in automated expert systems, as well as in cascade models of information processing and compression.

**Keywords:** predictive assessment, complexing, alternative data, interval analysis, confidence probability.

#### References

- Preis, T., Moat, H. S., Stanley, H. E. (2013). Quantifying Trading Behavior in Financial Markets Using Google Trends. *Scientific Reports*, 3 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/srep01684>
- Nasseri, A. A., Tucker, A., de Cesare, S. (2015). Quantifying Stock-Twits semantic terms' trading behavior in financial markets: An ef-

- fective application of decision tree algorithms. *Expert Systems with Applications*, 42 (23), 9192–9210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.08.008>
- Kolanovic, M., Krishnamachari, R. T. (2017). Big data and AI strategies: Machine learning and alternative data approach to investing. *Global Quantitative & Derivatives Strategy*. Available at: <https://cpb-us-e2.wpmucdn.com/faculty.sites.uci.edu/dist/2/51/files/2018/05/JPM-2017-MachineLearningInvestments.pdf>
- Cohen, L., Malloy, C., Nguyen, Q. (2020). Lazy Prices. *The Journal of Finance*, 75 (3), 1371–1415. doi: <https://doi.org/10.1111/jofi.12885>
- Fleder, M., Shah, D. (2020). Forecasting with Alternative Data. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, 48 (1), 23–24. doi: <https://doi.org/10.1145/3410048.3410062>
- Charoenwong, B., Kwan, A. (2021). Alternative Data, Big Data, and Applications to Finance. *Blockchain Technologies*, 35–105. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6137-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6137-9_2)
- Bellstam, G., Bhagat, S., Cookson, J. A. (2021). A Text-Based Analysis of Corporate Innovation. *Management Science*, 67 (7), 4004–4031. doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3682>
- Romanenkov, Y., Vartanian, V. (2016). Formation of prognostic software support for strategic decision-making in an organization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (80)), 25–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.66306>
- Buravtsev, A. V. (2017). Grey management analysis. *Perspectives of Science & Education*, 5 (29), 74–79. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/seryy-upravlencheskiy-analiz>
- Chan, J. W. K., Tong, T. K. L. (2007). Multi-criteria material selections and end-of-life product strategy: Grey relational analysis approach. *Materials & Design*, 28 (5), 1539–1546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2006.02.016>
- Shostak, I. V., Danova, M. A., Romanenkov, Yu. A. (2015). Informatiionnaya tekhnologiya podderzhki prinyatiya ekspertnykh resheniy v natsional'nykh Forsayt-issledovaniyakh. *Komunalne hospodarstvo mist*, 123, 58–67. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/315664668\\_Informatiionnaya\\_tekhnologiya\\_podderzhki\\_prinyatiya\\_ekspertnykh\\_reseniy\\_v\\_natsionalnykh\\_forsajt-issledovaniyakh](https://www.researchgate.net/publication/315664668_Informatiionnaya_tekhnologiya_podderzhki_prinyatiya_ekspertnykh_reseniy_v_natsionalnykh_forsajt-issledovaniyakh)
- Durrant-Whyte, H., Henderson, T. C. (2008). *Multisensor Data Fusion*. Springer Handbook of Robotics, 585–610. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5_26)
- Hoover, A., Olsen, B. D. (1999). A real-time occupancy map from multiple video streams. *Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.99CH36288C)*. doi: <https://doi.org/10.1109/robot.1999.770442>
- Smelyakov, K., Sandrkin, D., Ruban, I., Vitalii, M., Romanenkov, Y. (2018). Search by Image. *New Search Engine Service Model*. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Information Communications. Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632117>
- Vartanyan, V. M., Cheranovskiy, O. V., Al Daheri Ali Mohamed (2011). Evaluation of basic model robust stability of unmanned aerial vehicles. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 6, 44–51. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit\\_2011\\_6\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2011_6_9)
- Ruban, I., Khudov, H., Khudov, V., Khizhnyak, I., Makoveichuk, O. (2017). Segmentation of the images obtained from onboard optoelectronic surveillance systems by the evolutionary method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (89)), 49–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109904>
- Abdelgawad, A., Bayoumi, M. (2012). Resource-Aware Data Fusion Algorithms for Wireless Sensor Networks. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1350-9>

18. Khaleghi, B., Khamis, A., Karray, F. O., Razavi, S. N. (2013). Multi-sensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, 14 (1), 28–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2011.08.001>
19. Sineglazov, V. M., Chumachenko, E. I., Gorbatyuk, V. S. (2012). Metod resheniya zadachi prognozirovaniya na osnove kompleksirovaniya otsenok. *Induktyvne modeliuvaniia skladnykh system*, 4, 214–223.
20. Bidyuk, P. I., Gasanov, A. S., Vavilov, S. E. (2013). Analiz kachestva otsenok prognozov s ispolzovaniem metoda kompleksirovaniya. *Systemni doslidzhennia ta informatsiyni tekhnolohiyi*, 4, 7–16. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit\\_2013\\_4\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit_2013_4_3)
21. Vasil'ev, A. A. (2015). Obedinenie prognozov ekonomicheskikh pokazateley na osnove bives-otsenki s vesovoy funktsiy Kh'yubera. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 10-4, 44–47. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obedinenie-prognozov-ekonomicheskikh-pokazateley-na-osnove-bives-otsenki-s-vesovoy-funktsiy-hyubera>
22. Molev, M. D., Zanina, I. A., Stuzhenko, N. I. (2013). Sintez prognoznoy informatsii v praktike otsenki ekologo-ekonomicheskogo razvitiya regiona. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 4, 59. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/cintez-prognoznoy-informatsii-v-praktike-otsenki-ekologo-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona>
23. Romanenkov, Yu. A., Vartanyan, V. M., Revenko, D. S. (2014). Kompleksirovanie prognoznykh otsenok v sisteme monitoringa pokazateley sostoyaniya biznes-protsessa. *Systemy upravlinnia, navihat-siyi ta zviazku*, 2 (30). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/315693915\\_Kompleksirovanie\\_prognoznyh\\_ocenok\\_v\\_sisteme\\_monitoringa\\_pokazatelej\\_sostoania\\_biznes-processa](https://www.researchgate.net/publication/315693915_Kompleksirovanie_prognoznyh_ocenok_v_sisteme_monitoringa_pokazatelej_sostoania_biznes-processa)
24. Kovalenko, I., Shved, A. (2018). Development of a technology of structuring group expert judgments under various types of uncertainty. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (93)), 60–68. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133299>
25. Sternin, M. Yu., Shepelev, G. I. (2009). Sravnenie poliinterval'nykh otsenok v metode OIO. *Intelligent Support of Decision Making*. International book series «Information science & computing», 83–88. Available at: [http://foibg.com/ibs\\_isc/ibs-10/ibs-10-p11.pdf](http://foibg.com/ibs_isc/ibs-10/ibs-10-p11.pdf)
26. Shepelev, G., Sternin, M. (2014). Evaluating Expected Effectiveness of Interval Alternatives. *International Journal «Information Theories and Applications»*, 21 (3), 263–274. Available at: <http://www.foibg.com/ijita/vol21/ijita21-03-p06.pdf>
27. Baohua Li, Yunmin Zhu, Rong Li, X. (2002). Fault-tolerant interval estimation fusion by Dempster-Shafer theory. *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Fusion. FUSION 2002*. (IEEE Cat.No.02EX5997). doi: <https://doi.org/10.1109/icif.2002.1021010>
28. Liu, H., Wang, B., Liu, Z., Zhou, Y. (2009). Data Fusion Based on Interval Dempster-Shafer Theory for Emitter Platform Identification. *2009 International Conference on Information Engineering and Computer Science*. doi: <https://doi.org/10.1109/iciecs.2009.5364227>
29. Liang, H., Li, C.-C., Dong, Y., Jiang, Y. (2016). The fusion process of interval opinions based on the dynamic bounded confidence. *Information Fusion*, 29, 112–119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.08.010>
30. Zhu, Y., Li, B. (2006). Optimal interval estimation fusion based on sensor interval estimates with confidence degrees. *Automatica*, 42 (1), 101–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2005.07.008>
31. Ramalingam, S., Maheswari, U. (2016). A fuzzy interval valued fusion technique for multi-modal 3D face recognition. *2016 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)*. doi: <https://doi.org/10.1109/ccst.2016.7815709>
32. Carlson, R. J. (2013). Voter compatibility in interval societies. *HMC Senior Theses*. Available at: [https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=hmc\\_theses](https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=hmc_theses)
33. Collett, M. A., Cox, M. G., Esward, T. J., Harris, P. M., Sousa, J. A. (2007). Aggregating measurement data influenced by common effects. *Metrologia*, 44 (5), 308–318. doi: <https://doi.org/10.1088/0026-1394/44/5/007>
34. Duta, M., Henry, M. (2005). The fusion of redundant SEVA measurements. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 13 (2), 173–184. doi: <https://doi.org/10.1109/tcst.2004.840448>
35. Dopazo, E., Martínez-Céspedes, M. L. (2017). Rank aggregation methods dealing with ordinal uncertain preferences. *Expert Systems with Applications*, 78, 103–109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.051>
36. Voschinin, A. P. (2002). Interval'niy analiz dannykh: razvitie i perspektivy. *Zavodskaya Laboratoriya*, 68 (1), 118–126.
37. Orlov, A. I. (2013). Osnovnye idei statistiki interval'nykh dannykh. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 94, 55–70. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-idei-statistiki-intervalnyh-dannyh>
38. Alefel'd, G., Khertsberger, Yu. (1987). *Vvedenie v interval'nye vychisleniia*. Moscow: Mir, 360.
39. Kalmykov, S. A., Shokin, Yu. I., Yuldashev, Z. Kh. (1986). *Metody interval'nogo analiza*. Novosibirsk: Nauka, 223. Available at: <https://hi.b-ok.xyz/book/445084/5ae6b7>
40. Shokin, Yu. I. (1981). *Interval'niy analiz*. Novosibirsk: Nauka, 112. Available at: <https://read.in.ua/book156021/>
41. Shariy, S. P. (2016). *Konechnomerniy interval'niy analiz*. Novosibirsk: XYZ, 606.
42. Hansen, E. R. (1993). Computing zeros of functions using generalized interval arithmetic. *Interval Computations*, 3, 3–27. Available at: <https://interval.louisiana.edu/reliable-computing-journal/1993/interval-computations-1993-3-pp-003-028.pdf>
43. Moore, R. E. (1979). *Methods and Applications of Interval Analysis*. Philadelphia: SIAM, 125. doi: <https://doi.org/10.1137/1.9781611970906>
44. Kaucher, E. (1980). Interval analysis in the extended interval space IR. *Computing Suppl*, 2, 33–49. Available at: [http://www.math.bas.bg/~epopova/Kaucher-80-CS\\_33-49.pdf](http://www.math.bas.bg/~epopova/Kaucher-80-CS_33-49.pdf)
45. Bardachev, Yu. N., Kryuchkovskiy, V. V., Malomuzh, T. V. (2010). Metodologicheskaya predpochitel'nost' interval'nykh ekspertnykh otsenok pri prinyatii resheniy v usloviyakh neopredelennosti. *Viznyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya: Matematyчне modeliuvaniia. Informatsiyni tekhnolohiyi. Avtomatyzovani systemy upravlinnia*, 890, 18–28. Available at: <http://mia.univer.kharkov.ua/13/30045.pdf>
46. Romanenkov, Y., Danova, M., Kashcheyeva, V., Bugaienko, O., Volk, M., Karminska-Bielobrova, M., Lobach, O. (2018). Complexification methods of interval forecast estimates in the problems on shortterm prediction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (93)), 50–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131939>
47. Podrzhko, A. A., Podrzhko, A. S., Kiritsev, P. N. (2009). Interval'nye metody resheniya zadach kalibrovki i klassifikatsii. *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy Akademii nauk. Dinamika neodnorodnykh sistem*, 44, 173–186.
48. Kochkarov, R. A. (2015). Interval'nye zadachi na predfraktal'nykh grafakh. *Novye informatsionnye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh*, 18, 255–264. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/intervalnye-zadachi-na-predfraktalnyh-grafah>
49. Marzullo, K. (1990). Tolerating failures of continuous-valued sensors. *ACM Transactions on Computer Systems*, 8 (4), 284–304. doi: <https://doi.org/10.1145/128733.128735>
50. Muravyov, S. V., Khudonogova, L. I., Emelyanova, E. Y. (2018). Interval data fusion with preference aggregation. *Measurement*, 116, 621–630. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.045>
51. Khudonogova, L. I., Muravyov, S. V. (2021). Interval Data Fusion with Preference Aggregation for Balancing Measurement Accuracy

and Energy Consumption in WSN. *Wireless Personal Communications*, 118 (4), 2399–2421. doi: <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08132-9>

52. Levin, V. I. (2004). Uporyadochenie intervalov i zadachi optimizatsii s interval'nymi parametrami. *Kibernetika i sistemnyy analiz*, 3, 14–24. Available at: [http://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc\\_id=112446](http://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=112446)
53. Levin, V. I. (2002). Intervals comparison and optimisation under the conditions of uncertainty. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 7 (3), 383–389. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-intervalov-i-optimizatsiya-v-usloviyah-neopredelennosti>
54. Romanenkov, Yu., Kosenko, V., Lobach, O., Grinchenko, E., Grinchenko, M. (2019). The Method for Ranking Quasi-Optimal Alternatives in Interval Game Models Against Nature. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2019)*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/333488747\\_The\\_Method\\_for\\_Ranking\\_Quasi-Optimal\\_Alternatives\\_in\\_Interval\\_Game\\_Models\\_Against\\_Nature](https://www.researchgate.net/publication/333488747_The_Method_for_Ranking_Quasi-Optimal_Alternatives_in_Interval_Game_Models_Against_Nature)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266276**

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF COMPLEXING THE RESULTS OF RADIO MONITORING AND REMOTE EARTH SENSING (p. 16–23)**

**Maksym Rohovets**

Korolyov Zhytomyr Military Institute, Zhytomyr, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1587-9017>

**Serhiy Hatsenko**

The National University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovskiy, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0957-6458>

**Hryhorii Radzivilov**

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6047-1897>

**Yurii Pribyliev**

The National University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovskiy, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1941-3561>

**Roman Vozniak**

The National University of Defense of Ukraine named after Ivan Chernyakhovskiy, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3789-2837>

**Mykola Dorofeev**

Military unit A3444, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8607-2483>

**Vitalii Yarovy**

Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8239-1150>

**Oleh Hrebeniuk**

Korolyov Zhytomyr Military Institute, Zhytomyr, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3097-3992>

**Dmitry Picus**

Military Academy (Odesa), Odesa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2654-1035>

**Yurii Ryndin**

Military Academy (Odesa), Odesa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2908-4610>

The objects of the research are the objects of monitoring of groups of troops (forces). The relevance of the research lies in the need for a comprehensive analysis of monitoring objects from several sources of information. The results of the analysis show that the most reliable and accurate information comes from aerial monitoring, orbital remote sensing of the Earth and radio monitoring. At the same time, instrumental errors of radio monitoring devices do not allow determining the location of sources of radio radiation with the accuracy necessary for localization (neutralization) of threats. A method of integrating the results of radio monitoring and remote sensing of the Earth has been developed. The essence of the proposed research is the complex processing of monitoring results from various sources of information extraction. The difference between the proposed method and the known ones is that the specified method contains the following improved procedures:

- taking into account the type of uncertainty about the state of the monitoring object (complete uncertainty, partial uncertainty, full awareness);
- carry out a multi-level analysis of the state of the monitoring object according to 4 levels and 3 significant events;
- detection of a monitoring object as part of a group monitoring object.

The use of the proposed approach to radio monitoring information processing and monitoring using unmanned aerial vehicles/devices of remote sensing of the Earth allows to reduce the time required for deciphering aerospace images by at least 1.3 times. At the same time, the accuracy of determining the coordinates will be limited by the resolution of the equipment of unmanned aerial vehicles/ devices of remote sensing of the Earth and is of the order of 0.5 m.

**Keywords:** complex monitoring, monitoring objects, a priori uncertainty, remote sensing of the Earth, unmanned aerial vehicles.

**References**

1. Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M., Shyshatskiy, A. V., Viliukha, Yu. I. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zv'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1 (5), 35–40.
2. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et. al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
3. Sova, O., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskiy, Y. (2021). Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 30–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>
4. Pievtsov, H., Turinskiy, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., Shyshatskiy, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 78–89. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
5. Alpeeva, E. A., Volkova, I. I. (2019). The use of fuzzy cognitive maps in the development of an experimental model of automation of production accounting of material flows. *Russian Journal of Industrial Economics*, 12 (1), 97–106. doi: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
6. Zagravovskaia, A. V., Eissner, Iu. N. (2017). Simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Modern economics: problems and solutions*, 10 (94), 33–47. doi: <https://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
7. Simankov, V. S., Putiato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. *Sistemnyi analiz, upravlenie i obrabotka informatsii*, 13, 31–35.

8. Ko, Y.-C., Fujita, H. (2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*, 486, 190–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
9. Ramaji, I. J., Memari, A. M. (2018). Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
10. Pérez-González, C. J., Colebrook, M., Roda-García, J. L., Rosa-Remedios, C. B. (2019). Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*, 120, 167–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
11. Zuiiev, P., Zhyvotovskiy, R., Zvieriev, O., Hatsenko, S., Kuprii, V., Nakonechnyi, O. et. al. (2020). Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (106)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
12. Yeromina, N., Kurban, V., Mykus, S., Peredrii, O., Voloshchenko, O., Kosenko, V. et. al. (2021). The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11 (5), 37–44. doi: [https://doi.org/10.46338/ijetae0521\\_05](https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05)
13. Chen, H. (2018). Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*, 131, 952–958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
14. Chan, H. K., Sun, X., Chung, S.-H. (2019). When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*, 125, 113114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
15. Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
16. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Vánca, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
17. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W1, 59–63. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-59-2013>
18. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24 (1), 65–75. doi: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2)
19. Gorelova, G. V. (2013). Cognitive approach to simulation of large systems. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskije nauki*, 3, 239–250.
20. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskiy, T. et. al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
21. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellectualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neironnye seti*. Vinnitca: «UNIVERSUM», 320.
22. Emelianov, V. V., Kureichik, V. V., Kureichik, V. M., Emelianov, V. V. (2003). *Teoriia i praktika evoliucionnogo modelirovaniia*. Moskva: Fizmatlit, 432.
23. Gorokhovatsky, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 5–12. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
24. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, H. (2020). Building Decision Support Systems based on Fuzzy Data. *Advanced Information Systems*, 4 (4), 48–56. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>
25. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
26. Kuchuk, N., Merlak, V., Skorodelov, V. (2020). A method of reducing access time to poorly structured data. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>
27. Shyshatskiy, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Bokhno, T., Lyashenko, A. (2020). Method of assessment of the efficiency of the communication of operational troop grouping system. *Advanced Information Systems*, 4 (1), 107–112. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>
28. Raskin, L., Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (83)), 23–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
29. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., Ugryn, D. (2017). Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (86)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
30. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the secondorder adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>
31. Gorbenko, I., Ponomar, V. (2017). Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>
32. Lovska, A. A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 49–54.
33. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry. *Acta Polytechnica*, 60 (6), 478–485. doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>
34. Shyshatskiy, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Ye., Trotsko, O., Neroznak, Ye. (2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5583–5590. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatse/2020/206942020>
35. Mahdi, Q. A., Shyshatskiy, A., Prokopenko, Y., Ivakhnenko, T., Kupriyenko, D., Golian, V. et. al. (2021). Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (111)), 51–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265309

**DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL METHOD FOR MATCHED FILTRATION WITH ANALYTICAL PROFILE OF THE BLURRED DIGITAL IMAGE (p. 24–32)**

Sergii Khlamov

SoftServe, Lviv, Ukraine

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



**Vladimir Vlasenko**

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8639-4415>

**Vadym Savanevych**

Kharkiv National University  
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8840-8278>

**Oleksandr Briukhovetskyi**

National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4550-5606>

**Tetiana Trunova**

Kharkiv National University  
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2689-2679>

**Victor Chelombitko**

Kharkiv National University  
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6677-5883>

**Iryna Tabakova**

Kharkiv National University  
of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6629-4927>

A computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image of the investigated objects on digital frames has been developed. Such «blurred» objects can be the result of an involuntary shift of a fixed camera, an incorrect choice of the mode of guiding the telescope (diurnal or object tracking) or a failure of the diurnal tracking.

This computational method is based on the analytical selection of the typical form of the object's image, as well as on the choice of special parameters for the transfer function of the matched filter for the blurred digital image, which makes it possible to evaluate the required parameters of the blurred digital image.

In addition, determining the number of Gaussians of the object's image makes it possible to perform the most accurate assessment of the initial approximation of the parameters of their shape. Thus, matched filtration makes it possible to highlight the investigated objects with a blurred image of a typical shape against the background of substrate noise. Using the computational method of matched filtration makes it possible to improve the segmentation of images of reference objects on the frame and reduce the number of false detections.

The developed computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image of the investigated objects on the frames was tested in practice as part of the research of the CoLiTec project. It was implemented in the intraframe processing unit of the Lemur software for the operational automated detection of new and observation of known objects with a weak brightness. Owing to the Lemur software using and the proposed computational method introduced into it, more than 500,000 measurements of the various investigated objects were successfully processed and identified.

**Keywords:** matched filter, transfer function, OLS evaluation, Gaussian, image processing.

**References**

- David, P. S., Miller, P. L. (2014). *Defending Against Asteroids and Comets. Handbook of Cosmic Hazards and Planetary Defense.* Springer. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03952-7\\_59](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03952-7_59)
- Mykhailova, L., Savanevych, V., Sokovikova, N., Bezkrivnyy, M., Khlamov, S., Pogorelov, A. (2014). Method of maximum likelihood estimation of compact group objects location on CCD-frame. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (71)), 16–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28028>
- Savanevych, V. E., Khlamov, S. V., Akhmetov, V. S., Briukhovetskyi, A. B., Vlasenko, V. P., Dikov, E. N. et. al. (2022). CoLiTecVS software for the automated reduction of photometric observations in CCD-frames. *Astronomy and Computing*, 40, 100605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100605>
- Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the Web 2.0 age. *SPIE Astronomical Telescopes and Instrumentation, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II*, 8451. doi: <https://doi.org/10.1117/12.925321>
- Vavilova, I., Pakuliak, L., Babyk, I., Elyiv, A., Dobrycheva, D., Melnyk, O. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation.* Elsevier, 57–102. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00015-1>
- Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2002). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4).
- Khlamov, S., Savanevych, V. (2020). Big Astronomical Datasets and Discovery of New Celestial Bodies in the Solar System in Automated Mode by the CoLiTec Software. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 331–345. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00030-8>
- Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Oryshych, S. (2016). Development of computational method for detection of the object's near-zero apparent motion on the series of ccd-frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (80)), 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65999>
- Smith, G. E. (2010). The invention and early history of the CCD. *Reviews of modern physics*, 82 (3), 2307–2312. doi: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.82.2307>
- Kuz'min, S. Z. (2000). *Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedenie v teoriyu.* Kyiv: Izdatel'stvo KviTs, 428.
- Klette, R. (2014). *Concise computer vision. An Introduction into Theory and Algorithms.* Springer, 429. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
- Minaee, S., Boykov, Y. Y., Porikli, F., Plaza, A. J., Kehtarnavaz, N., Terzopoulos, D. (2021). *Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey.* *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.* doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
- Akhmetov, V., Khlamov, S., Tabakova, I., Hernandez, W., Hipolito, J. I. N., Fedorov, P. (2019). New approach for pixelization of big astronomical data for machine vision purpose. *IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE).* doi: <https://doi.org/10.1109/isie.2019.8781270>
- Bishop, C. M. (2013). *Model-based machine learning.* *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371 (1984), 20120222. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0222>
- Dadkhah, M., Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., Shamshirband, S., Jazi, M. D. (2019). Methodology of wavelet analysis in research of dynamics of phishing attacks. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 12 (3/4), 220. doi: <https://doi.org/10.1504/ijaip.2019.098561>
- Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications.* John Wiley & Sons, 516.
- Kobzar', A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov.* Moscow: FIZMATLI, 816.
- Burger, W., Burge, M. (2009). *Principles of digital image processing: core algorithms.* Springer, 332. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-195-4>
- Gonzalez, R., Woods, R. (2018). *Digital image processing.* Pearson.
- Rubin, B. (2015). *Encyclopedia of Mathematics and its Application. Introduction to Radon transforms. With Elements of Fractional Calculus and Harmonic Analysis.* Cambridge University Press, 596.

21. Wang, J., Cai, D., Wen, Y. (2011). Comparison of matched filter and dechirp processing used in Linear Frequency Modulation. 2011 IEEE 2<sup>nd</sup> International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering. doi: <https://doi.org/10.1109/ccieng.2011.6008069>
22. Jorgensen, B. (1982). Statistical properties of the generalized inverse Gaussian distribution. Springer, 188. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5698-4>
23. Lemur software. Available at: <https://www.colitec.space>
24. Kashuba, S., Tsvetkov, M., Bazyey, N., Isaeva, E., Golovnia, V. (2018). The Simeiz plate collection of the ODESSA astronomical observatory. 11th Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, 207–216. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/331386063\\_THE\\_SIMEIZ\\_PLATE\\_COLLECTION\\_OF\\_THE\\_ODESSA\\_ASTRONOMICAL\\_OBSERVATORY](https://www.researchgate.net/publication/331386063_THE_SIMEIZ_PLATE_COLLECTION_OF_THE_ODESSA_ASTRONOMICAL_OBSERVATORY)
25. Molotov, I., Agapov, V., Kouprianov, V. et al. (2009). ISON worldwide scientific optical network. Fifth European Conference on Space Debris. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/234251876\\_ISON\\_Worldwide\\_Scientific\\_Optical\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/234251876_ISON_Worldwide_Scientific_Optical_Network)
26. Mingmuang, Y., Tummuangpak, P., Asanok, K., Jaroenjittichai, P. (2019). The mass distribution and the rotation curve of the Milky Way Galaxy using NARIT 4.5 m small radio telescope and the 2.3 m Onsala radio telescope. Journal of Physics: Conference Series, 1380 (1), 012028. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012028>
27. Rao, K. R., Kim, D. N., Hwang, J.-J. (2010). Fast Fourier Transform – Algorithms and Applications. Springer, 426. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6629-0>
28. Haynal, S., Haynal, H. (2011). Generating and searching families of FFT algorithms. Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation, 7 (4), 145–187. doi: <https://doi.org/10.3233/sat190084>
29. Ivanov, M. T., Sergienko, A. B., Ushakov, V. N. (2021). Radiotekhnicheskie tsepi i signaly. Sankt-Peterburg: Piter, 336.
30. Belov, L. A. (2021). Radioelektronika. Formirovanie stabil'nykh chastot i signalov. Moscow: Izdatel'stvo Yurayt, 268.
31. Soyfer, V. A. (Ed.) (2003). Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy. Moscow: Fizmatlit, 784.
32. Le, D.-H., Pham, C.-K., Nguyen, T. T. T., Bui, T. T. (2012). Parameter extraction and optimization using Levenberg-Marquardt algorithm. 2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE). doi: <https://doi.org/10.1109/cce.2012.6315945>
33. Sergienko, A. B. (2011). Tsifrovaya obrabotka signalov. Sankt-Peterburg: BKhV-Peterburg, 768.
34. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Pohorelov, A., Vlasenko, V., Dikov, E. (2018). CoLiTec Software for the Astronomical Data Sets Processing. 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). doi: <https://doi.org/10.1109/dsmp.2018.8478504>
35. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskiy, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. CEUR Workshop Proceedings, 3171, 1043–1055. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper75.pdf>
36. Akhmetov, V., Khlamov, S., Khrantsov, V., Dmytrenko, A. (2019). Astrometric Reduction of the Wide-Field Images. Advances in Intelligent Systems and Computing, 896–909. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_58)
37. Akhmetov, V., Khlamov, S., Dmytrenko, A. (2018). Fast Coordinate Cross-Match Tool for Large Astronomical Catalogue. Advances in Intelligent Systems and Computing III, 3–16. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_1)
38. Akhmetov, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Dikov, E. (2019). Cloud Computing Analysis of Indian ASAT Test on March 27, 2019. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061243>
39. Orbital height profile of MICROSAT-R. Available at: <https://heavens-above.com/OrbitHeight.aspx?satid=43947&startMJD=58484.0>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265770

### IMPROVEMENT OF METHODS FOR DESCRIPTION OF A THREE-BUNKER COLLECTION CONVEYOR (p. 33–41)

Oleh Pihnastyi

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

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

Svitlana Cherniavska

National Technical University

«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9438-6965>

The object of current research is a multi-section transport conveyor. The actual control problem of the flow parameters of a multi-section conveyor-type transport system with a given control quality criterion is solved. Algorithms for optimal control of the flow of material coming from the input accumulating bunkers into the collection section of the conveyor, ensuring the filling of the accumulating tank in the minimum time were synthesized. An admissible control of the material flow from the accumulating bunkers is found, which allow filling the accumulating tank, taking into account the given distribution of the material along the section of the collection conveyor at the initial and final moments of the filling time with minimal energy consumption. The synthesis of algorithms for optimal control of the material flow from accumulating bunkers became possible due to the determination of differential constraints in the optimal control problem based on an analytical distributed model of a transport conveyor section. The distinctive features of the results obtained are that the allowable controls contain restrictions on the maximum allowable load of material on the conveyor belt and take into account the initial and final distribution of material along the collection conveyor section. Also, a feature of the obtained results is the consideration of variable transport delay in the transport conveyor control model. The application area of the results is the mining industry. The developed models make it possible to synthesize algorithms for optimal control of the flow parameters of the transport system for a mining enterprise, taking into account the transport delay in the incoming of material at the output of the conveyor section. The condition for the practical use of the results obtained is the presence of measuring sensors in the sections of the transport conveyor that determine the belt speed and the amount of material in the accumulating bunkers.

**Keywords:** PiKh model, speed control, transport delay, accumulating bunker, similarity criteria.

#### References

1. Siemens – innovative solutions for the mining industry. Available at: [https://im-mining.com/advertiser\\_profile/siemens-innovative-solutions-mining-industry/](https://im-mining.com/advertiser_profile/siemens-innovative-solutions-mining-industry/)
2. Pihnastyi, O., Ivanovska, O. (2022). Improving the prediction quality for a multi-section transport conveyor model based on a neural network. Proceedings of International Scientific Conference Information Technology and Implementation, 3132, 24–38. Available at: [http://ceur-ws.org/Vol-3132/Paper\\_3.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3132/Paper_3.pdf)
3. Bajda, M., Błażej, R., Jurdziak, L. (2019). Analysis of changes in the length of belt sections and the number of splices in the belt loops on conveyors in an underground mine. Engineering Failure Analysis, 101, 436–446. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.04.003>

4. Koman, M., Laska, Z. (2014) The constructional solution of conveyor system for reverse and bifurcation of the ore flow. *Rudna mine*, 3 (72), 69–82.
5. Jeftenic, B., Ristic, L., Bebic, M., Statkic, S., Mihailovic, I., Jevtic, D. (2010). Optimal utilization of the bulk material transportation system based on speed controlled drives. The XIX International Conference on Electrical Machines – ICEM 2010. doi: <https://doi.org/10.1109/icelmach.2010.5608055>
6. Pihnastyi, O., Khodusov, V. (2020). Development of the controlling speed algorithm of the conveyor belt based on TOU-tariffs. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems*, 2762, 73–86. Available at: <https://mpira.uni-muenchen.de/104681/>
7. Halepoto, I. A., Shaikh, M. Z., Chowdhry, B. S., Uqaili, M., Uhammad, A. (2016). Design and Implementation of Intelligent Energy Efficient Conveyor System Model Based on Variable Speed Drive Control and Physical Modeling. *International Journal of Control and Automation*, 9 (6), 379–388. doi: <https://doi.org/10.14257/ijca.2016.9.6.36>
8. He, D., Pang, Y., Lodewijks, G., Liu, X. (2018). Healthy speed control of belt conveyors on conveying bulk materials. *Powder Technology*, 327, 408–419. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.01.002>
9. Korniienko, V. I., Masiuk, S. M., Udovik, I. M. (2018). Adaptive optimal control system of ore large crushing process. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1, 159–165. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-1-18>
10. Kiria, R., Shyrin, L. (2019). Reducing the energy consumption of the conveyor transport system of mining enterprises. *E3S Web of Conferences*, 109, 00036. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900036>
11. Pihnastyi, O., Kozhevnikov, G., Khodusov, V. (2020). Conveyor Model with Input and Output Accumulating Bunker. 2020 IEEE 11<sup>th</sup> International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). doi: <https://doi.org/10.1109/dessert50317.2020.9124996>
12. Woo, C. K., Sreedharan, P., Hargreaves, J., Kahrl, E., Wang, J., Horowitz, I. (2014). A review of electricity product differentiation. *Applied Energy*, 114, 262–272. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.070>
13. Cousins, T. (2010). Using Time of Use (TOU) Tariffs in Industrial, Commercial and Residential Applications Effectively. *TLC*. Available at: [http://www.tlc.co.za/white\\_papers/pdf/using\\_time\\_of\\_use\\_tariffs\\_in\\_industrial\\_commercial\\_and\\_residential\\_applications\\_effectively.pdf](http://www.tlc.co.za/white_papers/pdf/using_time_of_use_tariffs_in_industrial_commercial_and_residential_applications_effectively.pdf)
14. Granell, R., Axon, C. J., Wallom, D. C. H. (2014). Predicting winning and losing businesses when changing electricity tariffs. *Applied Energy*, 133, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.098>
15. Marais, J., Mathews, E., Pelzer, R. (2008). Analysing DSM opportunities on mine conveyor systems. In: *Industrial and commercial use of energy conference*. Cape Town.
16. Wolstenholme, E. F. (1980). Designing and Assessing the Benefits of Control Policies for Conveyor Belt Systems in Underground Coal Mines. *Dynamica*, 6 (2), 25–35. Available at: <https://systemdynamics.org/wp-content/uploads/assets/dynamica/volume-6/6-2/6.pdf>
17. Kazakova, E. I., Govorukha, E. N. (2019). Optimal proactive management of cargo flows. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 25–28. doi: <https://doi.org/10.29013/ajt-19-7.8-25-28>
18. Bardzinski, P., Jurdzia, L., Kawalec, W., Król, R. (2019). Copper Ore Quality Tracking in a Belt Conveyor System Using Simulation Tools. *Natural Resources Research*, 29 (2), 1031–1040. doi: <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09493-6>
19. Pihnastyi, O., Khodusov, V. (2020) Neural model of conveyor type transport system. *CEUR Workshop Proceedings*, 2608. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper60.pdf>
20. Więcek, D., Burduk, A., Kuric, I. (2019). The use of ANN in improving efficiency and ensuring the stability of the copper ore mining process. *Acta Montanistica Slovaca*, 24 (1), 1–14. Available at: <https://actamont.tuke.sk/pdf/2019/n1/1wiecek.pdf>
21. Dong, M., Luo, Q. (2011). Research and Application on Energy Saving of Port Belt Conveyor. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 32–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.007>
22. Pihnastyi, O. M. (2018). *Statistical theory of control systems of the flow production*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 436.
23. Pihnastyi, O. M., Khodusov, V. D. (2020). Hydrodynamic Model of Transport System. *East European Journal of Physics*, 1, 121–136. doi: <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2020-1-11>
24. Pihnastyi, O., Khodusov, V., Kotova, A. (2022). The Problem of Combined Optimal Load Flow Control of Main Conveyor Line. *Acta Montanistica Slovaca*, 27 (1), 216–229. doi: <https://doi.org/10.46544/ams.v27i1.16>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263270**  
**IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING MODELS TO DETERMINE THE APPROPRIATE MODEL FOR PROTEIN FUNCTION PREDICTION (p. 42–49)**

**Yekaterina Golenko**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4643-4571>

**Aisulu Ismailova**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

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

**Anargul Shaushenova**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3164-3688>

**Zhazira Mutalova**

Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University,  
Uralsk, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9912-5978>

**Damir Dossalyanov**

Narxoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9796-4049>

**Aliya Ainagulova**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4872-2822>

**Akgul Naizagarayeva**

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Astana, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3616-0925>

Predicting the function of proteins is a crucial part of genome annotation, which can help in solving a wide range of biological problems. Many methods are available to predict the functions of proteins. However, except for sequence, most features are difficult to obtain or are not available for many proteins, which limits their scope. In addition, the performance of sequence-based feature prediction methods is often lower than that of methods that involve multiple features, and protein feature prediction can be time-consuming. Recent advances in this field are associated with the development of machine learning, which shows great progress in solving the problem of predicting protein functions. Today, however, most protein sequences have the status of «uncharacterized» or «putative».

The need to assess the accuracy of identification of protein functions is an urgent task for machine learning approaches used to predict protein functions. In this study, the performance of two popular function prediction algorithms (ProtCNN and BiLSTM) was assessed from two perspectives and the procedures for building these models were described.

As a result of the study of Pfam families, ProtCNN achieves an accuracy rate of 0.988 % and bidirectional LSTM has an accuracy rate of 0.9506 %. The use of the Pfam dataset allowed increasing the classification accuracy due to the large training dataset. The quality of the prediction increases with a large amount of training data.

The study demonstrated that machine learning algorithms can be used as an effective tool for building protein function prediction models, in particular, the CNN network can be adapted as an accurate tool for annotating protein functions in the presence of large datasets.

**Keywords:** protein function prediction, classification, neural networks, ProtCNN, bidirectional long short-term memory (BiLSTM).

### References

- Gabaldon, T., Huynen, M. A. (2004). Prediction of protein function and pathways in the genome era. *Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)*, 61 (7-8), 930–944. doi: <https://doi.org/10.1007/s00018-003-3387-y>
- du Plessis, L., Skunca, N., Dessimoz, C. (2011). The what, where, how and why of gene ontology--a primer for bioinformaticians. *Briefings in Bioinformatics*, 12 (6), 723–735. doi: <https://doi.org/10.1093/bib/bbr002>
- Barrell, D., Dimmer, E., Huntley, R. P., Binns, D., O'Donovan, C., Apweiler, R. (2009). The GOA database in 2009--an integrated Gene Ontology Annotation resource. *Nucleic Acids Research*, 37, D396–D403. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkn803>
- Piovesan, D., Giollo, M., Leonardi, E., Ferrari, C., Tosatto, S. C. E. (2015). INGA: protein function prediction combining interaction networks, domain assignments and sequence similarity. *Nucleic Acids Research*, 43 (W1), W134–W140. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkv523>
- Boratyn, G. M., Camacho, C., Cooper, P. S., Coulouris, G., Fong, A., Ma, N. et al. (2013). BLAST: a more efficient report with usability improvements. *Nucleic Acids Research*, 41 (W1), W29–W33. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkt282>
- Stephenson, N., Shane, E., Chase, J., Rowland, J., Ries, D., Justice, N. et al. (2019). Survey of Machine Learning Techniques in Drug Discovery. *Current Drug Metabolism*, 20 (3), 185–193. doi: <https://doi.org/10.2174/1389200219666180820112457>
- Lobley, A. E., Nugent, T., Orengo, C. A., Jones, D. T. (2008). FFPred: an integrated feature-based function prediction server for vertebrate proteomes. *Nucleic Acids Research*, 36, W297–W302. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkn193>
- Cozzetto, D., Minneci, F., Carrant, H., Jones, D. T. (2016). FFPred 3: feature-based function prediction for all Gene Ontology domains. *Scientific Reports*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/srep31865>
- Jung, J., Yi, G., Sukno, S. A., Thon, M. R. (2010). PoGO: Prediction of Gene Ontology terms for fungal proteins. *BMC Bioinformatics*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2105-11-215>
- Törönen, P., Medlar, A., Holm, L. (2018). PANNZER2: a rapid functional annotation web server. *Nucleic Acids Research*, 46 (W1), W84–W88. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gky350>
- You, R., Huang, X., Zhu, S. (2018). DeepText2GO: Improving large-scale protein function prediction with deep semantic text representation. *Methods*, 145, 82–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2018.05.026>
- You, R., Yao, S., Xiong, Y., Huang, X., Sun, F., Mamitsuka, H., Zhu, S. (2019). NetGO: improving large-scale protein function prediction with massive network information. *Nucleic Acids Research*, 47 (W1), W379–W387. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkz388>
- Kulmanov, M., Khan, M. A., Hoehndorf, R. (2017). DeepGO: predicting protein functions from sequence and interactions using a deep ontology-aware classifier. *Bioinformatics*, 34 (4), 660–668. doi: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btx624>
- Cai, Y., Wang, J., Deng, L. (2020). SDN2GO: An Integrated Deep Learning Model for Protein Function Prediction. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00391>
- Du, Z., He, Y., Li, J., Uversky, V. N. (2020). DeepAdd: Protein function prediction from k-mer embedding and additional features. *Computational Biology and Chemistry*, 89, 107379. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2020.107379>
- Zhang, F., Song, H., Zeng, M., Wu, F.-X., Li, Y., Pan, Y., Li, M. (2021). A Deep Learning Framework for Gene Ontology Annotations With Sequence- and Network-Based Information. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 18 (6), 2208–2217. doi: <https://doi.org/10.1109/tcbb.2020.2968882>
- Spalević, S., Veličković, P., Kovačević, J., Nikolić, M. (2020). Hierarchical Protein Function Prediction with Tail-GNNs. arXiv. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.12804>
- LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521 (7553), 436–444. doi: <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Cao, R., Freitas, C., Chan, L., Sun, M., Jiang, H., Chen, Z. (2017). ProLanGO: Protein Function Prediction Using Neural Machine Translation Based on a Recurrent Neural Network. *Molecules*, 22 (10), 1732. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules22101732>
- Jiang, Y., Oron, T. R., Clark, W. T., Bankapur, A. R., D'Andrea, D., Lepore, R. et al. (2016). An expanded evaluation of protein function prediction methods shows an improvement in accuracy. *Genome Biology*, 17 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13059-016-1037-6>
- Pearson, W. R. (2015). Protein Function Prediction: Problems and Pitfalls. *Current Protocols in Bioinformatics*, 51 (1). doi: <https://doi.org/10.1002/0471250953.bi0412s1>
- UniProt: the universal protein knowledgebase (2016). *Nucleic Acids Research*, 45 (D1), D158–D169. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1099>
- Pfam 35.0 is released. Xfam Blog. Available at: <https://xfam.wordpress.com/2021/11/19/pfam-35-0-is-released/>
- Bileschi, M. L., Belanger, D., Bryant, D., Sanderson, T., Carter, B., Sculley, D. et al. (2019). Using Deep Learning to Annotate the Protein Universe. bioRxiv. doi: <https://doi.org/10.1101/626507>
- Vu, T. T. D., Jung, J. (2021). Protein function prediction with gene ontology: from traditional to deep learning models. *PeerJ*, 9, e12019. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.12019>
- Abduljabbar, R. L., Dia, H., Tsai, P.-W. (2021). Unidirectional and Bidirectional LSTM Models for Short-Term Traffic Prediction. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–16. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/5589075>
- Kurtukova, A. V., Romanov, A. S. (2019). Modeling the neural network architecture to identify the author of the source code. *Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 22 (3), 37–42. doi: <https://doi.org/10.21293/1818-0442-2019-22-3-37-42>
- Deen, A., Gayanchandani, M. (2019). Protein Function Prediction using SVM Kernel Approach. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10 (7), 1995–2000. Available at: <https://www.ijser.org/researchpaper/Protein-Function-Prediction-using-SVM-Kernel-Approach.pdf>
- Kingma, D. P., Ba, J. (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. 3<sup>rd</sup> International Conference for Learning Representations. San Diego. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980>



DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266262

## DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF THE PROJECT-VECTOR SPACE OF EDUCATIONAL ENVIRONMENTS (p. 50–61)

**Andrii Biloshchytskyi**

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan  
Kyiv National University of Construction  
and Architecture, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

**Svitlana Tsiutsiura**

Kyiv National University of Construction  
and Architecture, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4270-7405>

**Alexander Kuchansky**

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

**Oleg Serbin**

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3119-690X>

**Mykola Tsiutsiura**

Kyiv National University of Construction  
and Architecture, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4713-7568>

**Svitlana Biloshchytska**

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan  
Kyiv National University of Construction  
and Architecture, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0856-5474>

**Adil Faizullin**

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5644-9841>

Based on the analysis of scientific developments in the application of project management methodology for educational environment management, the application of the vector paradigm to the construction of project management methodology in academic environments is substantiated. The methodological concept of project management in the educational environment is proposed, and the conceptual basis of the methodology of project-vector management of educational environments is created. The theoretical foundations of project-vector management of educational environments are developed. A mathematical model for managing projects in educational environments has been developed, the originality of which is ensured by representing the entities of projects, products, tools and subjects of educational environments as the objects of project-vector space, moving from the starting point (project origination) to its completion. The notion of the potential movement of objects in the project-vector space (PVS) is introduced and used in the mathematical model. The definition of unforced resistance of PVS is given, the source of which is the regularity in the influence of a significant number of objects and subjects of the project-vector space on each other, which is present in most projects of educational environments and hinders their implementation. The proposed methodology creates a modern scientific and methodological basis for the construction of project management systems in educational organizations. The practical implementation of the results of the research creates a basis for improving the efficiency and quality of educational organizations due to a well-defined organization of management procedures.

**Keywords:** project-vector methodology, project-vector space, project management, educational environment.

## References

- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Paliy, S., Biloshchytska, S., Bronin, S., Andrashko, Y. et al. (2018). Development of technical component of the methodology for projectvector management of educational environments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (92)), 4–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126301>
- Bykov, V., Shyshkina, M. (2018). The conceptual basis of the university cloud-based learning and research environment formation and development in view of the open science priorities. *Information Technologies and Learning Tools*, 68 (6), 1–19. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2609>
- Piterska, V., Lohinov, O., Lohinova, L. (2020). Conceptual model of project-oriented management of educational activities of higher education institutions. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 1 (11), 59–67. doi: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.059>
- The Standard for Portfolio management (2017). Project Management Institute, Inc., 299.
- Androniceanu, A., Ristea, B. (2015). Comparative research on project management approach in the european educational institutions. *Business excellence and management*, 5 (2), 33–42.
- Bushuev, S. D., Bushueva, N. S. (2010). *Creative technologies of project and program management*. Kyiv: Summit Kniga, 768.
- Mukred, M., Yusof, Z. M. (2018). The Performance of Educational Institutions Through the Electronic Records Management Systems. *International Journal of Information Technology Project Management*, 9 (3), 34–51. doi: <https://doi.org/10.4018/ijitpm.2018070103>
- Turner, R. (2007). *Guide to project-based management*. Publishing House, 550.
- Dziawgo, D., Féria, I., Saúde, S. (2017). Higher education funding: comparative analysis of portugal and poland public systems. *Copernican Journal of Finance & Accounting*, 6 (1), 33. doi: <https://doi.org/10.12775/cjfa.2017.002>
- Biloshchytskyi, A., Omirbayev, S., Mukhatayev, A. (2021). Methods of project-vector management of educational environments. *Scientific Journal of Astana IT University*, 7, 15–31. doi: <https://doi.org/10.37943/aitu.2021.38.59.002>
- 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233655>
- Ustadjalilova, K. A. (2020). Methodological support of the educational process in the credit-modular system. *An International Multidisciplinary Research Journal*, 10 (12), 603–608. doi: <https://doi.org/10.5958/2249-7137.2020.01755.3>
- Biloshchytskyi, A., Lizunov, P., Kuchansky, A., Andrashko, Yu., Myronov, O., Biloshchytska, S. (2017). *Methodological foundations of creating an information management environment for scientific research*. Kyiv: KNUCA, 148.
- Biloshchytskyi, A., Myronov, O., Reznik, R., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Paliy, S., Biloshchytska, S. (2017). A method to evaluate the scientific activity quality of HEIs based on a scientometric subjects presentation model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (90)), 16–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118377>
- Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Danchenko, O. (2018). Development of Infocommunication System for Scientific Activity Administration of Educational Environment's Subjects. 2018 International Scientific-Practical Conference Prob-

- lems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632036>
16. Biloshchytskyi, A., Biloshchytska, S., Kuchansky, A., Bielova, O., Andrashko, Y. (2018). Infocommunication system of scientific activity management on the basis of project-vector methodology. 2018 14<sup>th</sup> International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset.2018.8336186>
  17. Otradskaia, T., Gogunskii, V., Antoshchuk, S., Kolesnikov, O. (2016). Development of parametric model of prediction and evaluation of the quality level of educational institutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (3 (83)), 12–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80790>
  18. Steshenko, G., Morozov, V., Kolomiets, A. (2017). «Learning through practice» in IT management projects master program implementation approach. 2017 9<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). doi: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2017.8095223>
  19. Morozov, V., Kalnichenko, O., Timinsky, A., Liubyma, I. (2017). Projects change management in based on the projects configuration management for developing complex projects. 2017 9<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). doi: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2017.8095224>
  20. Helle, L., Tynjälä, P., Olkinuora, E. (2006). Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. Higher Education, 51 (2), 287–314. doi: <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6386-5>
  21. Lehmann, M., Christensen, P., Du, X., Thrane, M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. European Journal of Engineering Education, 33 (3), 283–295. doi: <https://doi.org/10.1080/03043790802088566>
  22. De Graaff, E., Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning. International Journal of Engineering Education, 19 (5), 657–662.
  23. Yazici, H. J. (2009). The Role of Project Management Maturity and Organizational Culture in Perceived Performance. Project Management Journal, 40 (3), 14–33. doi: <https://doi.org/10.1002/pmj.20121>
  24. Deem, R., Brehony, K. J. (2005). Management as ideology: the case of ‘new managerialism’ in higher education. Oxford Review of Education, 31 (2), 217–235. doi: <https://doi.org/10.1080/03054980500117827>

## АНОТАЦІЇ

## MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265782

**МОДЕЛІ АДАПТИВНОГО КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗВАЖЕНИХ ІНТЕРВАЛЬНИХ ДАНИХ У ЗАВДАННЯХ ПРЕДИКТИВНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ (с. 6–15)**

І. В. Рубан, Г. Г. Горенський, Ю. О. Романенков, Д. С. Ревенко

Вирішено завдання удосконалення методичного та алгоритмічного забезпечення процесу комплексування шляхом розробки моделей адаптивного надлишкового комплексування зважених інтервальних даних. Об'єктом дослідження є процес комплексування інтервальних даних, отриманих із декількох незалежних джерел, предметом – алгебраїчні методи надмірного комплексування зважених інтервальних даних. Актуальність завдання обумовлена гостротою проблеми консолідації однорідних даних з метою здобуття більш точнішої та релевантної інформації про досліджуваний об'єкт або процес. Розроблено моделі, які, на відміну від існуючих, дозволяють апостеріорно врахувати точність експертів на попередньому етапі експертного оцінювання. Запропоновано єдину аналітичну форму моделі для обробки зважених інтервальних і точкових оцінок з можливістю структурного і параметричного налаштування. Вона дозволяє забезпечити підвищення ступеню автоматизації обробки експертних оцінок в умовах інтервальної невизначеності. Сформульовано рекомендації щодо практичного застосування запропонованих моделей. Вказані варіанти параметричного налаштування функцій переваги в залежності від особливостей зважених інтервальних оцінок. Доведено спільність граничних випадків запропонованих моделей з відомими раніше. На прикладі показаний зсув комплексованої оцінки у бік оцінок точніших на попередньому етапі оцінювання джерел. Проілюстровано адаптивність запропонованих моделей. При цьому зафіксоване незначне, у середньому близько 10 %, розширення комплексованого інтервалу відносно первинних. Розроблені моделі та алгоритми можуть бути використані в автоматизованих експертних системах, а також у каскадних моделях обробки та стиснення інформації.

**Ключові слова:** передиктивне оцінювання, комплексування, альтернативні дані, інтервальний аналіз, довірча ймовірність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266276

**РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПЛЕКСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (с. 16–23)**

М. А. Роговець, С. С. Гаценко, Г. Д. Радзівілов, Ю. Б. Прибілев, Р. М. Возняк, М. В. Дорофєєв, В. С. Яровий, О. О. Гребенюк, Д. Л. Пікус, Ю. І. Риндін

Об'єктом дослідження є об'єкти моніторингу угруповань військ (сил). Актуальність дослідження полягає у необхідності комплексного аналізу об'єктів моніторингу від декількох джерел інформації. Результати аналізу показують, що найбільш достовірною та точною інформацією надходить від засобів повітряного моніторингу, орбітальних засобів дистанційного зондування Землі та радіомоніторингу. Разом з тим, інструментальні похибки засобів радіомоніторингу не дозволяють визначити місцезоналення джерел радіовипромінювань з точністю, необхідною для локалізації (нейтралізації) загроз. Розроблено метод комплексування результатів радіомоніторингу та дистанційного зондування Землі. Сутність запропонованого дослідження полягає в комплексній обробці результатів моніторингу від різних джерел добування інформації. Відмінність запропонованого методу від відомих в тому, що зазначений метод містить наступні удосконалені процедури:

- врахування тип невизначеності про стан об'єкту моніторингу (повна невизначеність, часткова невизначеність, повна обізнаність);
- провести багаторівневий аналіз стану об'єкту моніторингу за 4 рівнями та 3 знаковим подієм;
- виявлення об'єкту моніторингу в складі групового об'єкту моніторингу.

Застосування запропонованого підходу обробки інформації радіомоніторингу та моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів/засобів дистанційного зондування Землі дозволяє не менше ніж у 1,3 рази скоротити час, необхідний для дешифрування аерокосмічних знімків. При цьому точність визначення координат буде обмежуватись роздільною здатністю апаратури безпілотних літальних апаратів/засобів дистанційного зондування Землі та становить порядку 0,5 м.

**Ключові слова:** комплексний моніторинг, об'єкти моніторингу, апріорна невизначеність, дистанційне зондування Землі, безпілотні літальні апарати.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265309

**РОЗРОБКА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО МЕТОДУ УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ З АНАЛІТИЧНО ЗАДАНИМ ПРОФІЛЕМ ЗМАЩЕНОГО ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ (с. 24–32)**

С. В. Хламов, В. П. Власенко, В. Є. Саваневич, О. Б. Брюховецький, Т. О. Трунова, В. Ф. Челомб'їтко, І. С. Табакова

Розроблено обчислювальний метод узгодженої фільтрації з аналітично заданим профілем змащеного цифрового зображення об'єктів, що досліджуються, на цифрових кадрах. Подібні «змащені» об'єкти можуть бути наслідком мимовільного зсуву нерухомої камери, неправильного вибору режиму ведення телескопа (добове ведення або ведення об'єкта) або збою добового ведення.

Даний обчислювальний метод заснований на аналітичному виборі типової форми зображення об'єктів, а також на виборі спеціальних параметрів передавальної функції узгодженого фільтра для змащеного цифрового зображення, що дозволяє виконати оцінку необхідних параметрів змащеного цифрового зображення.

Також визначення кількості гауссіан зображення об'єкта дозволяє виконати найбільш точну оцінку початкового наближення параметрів їх форми. Таким чином, узгоджена фільтрація дозволяє виділяти об'єкти, що досліджуються, зі змащеним зображенням типової форми на тлі шуму підкладки. Використання обчислювального методу узгодженої фільтрації дозволяє покращити сегментацію зображення опорних об'єктів на кадри і скоротити кількість помилкових виявлень.

Розроблений обчислювальний метод узгодженої фільтрації з аналітично заданим профілем змашеного цифрового зображення об'єктів, що досліджуються, на кадрах був апробований на практиці в рамках досліджень проекту CoLiТес. Він був впроваджений в блоці внутрішньокадрової обробки програмного комплексу оперативного автоматизованого виявлення нових і супроводу відомих об'єктів зі слабким блиском Lemur. Завдяки використанню програмного комплексу Lemur та впровадженню в нього запропонованого обчислювального методу було успішно оброблено та ототожнено понад 500 000 вимірювань різних об'єктів, що досліджуються.

**Ключові слова:** узгоджений фільтр, передатна функція, МНК-оцінка, гауссіана, обробка зображення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265770

#### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОПИСУ ТРЬОХБУНКЕРНОГО ЗБІРНОГО КОНВЕЙЄРА (с. 33–41)

О. М. Пігнастий, С. М. Чернявська

Об'єктом цього дослідження виступає багатосекційний транспортний конвеєр. Вирішується актуальна проблема керування потоковими параметрами багатосекційної транспортної системи конвеєрного типу із заданим критерієм якості керування. Синтезовані алгоритми оптимального управління потоком матеріалу, що надходить з вхідних акумулюючих бункерів в збірну секцію конвеєра, що забезпечують наповнення накопичувального резервуара за мінімальний час. Знайдено допустиме керування потоком матеріалу з акумулюючих бункерів, що дозволяють наповнити накопичувальний резервуар з урахуванням заданого розподілу матеріалу вздовж секції збірного конвеєра в початковий і кінцевий моменти часу заповнення при мінімальних витратах енергоресурсів. Синтез алгоритмів оптимального управління потоком матеріалу з акумулюючих бункерів став можливим у зв'язку з визначенням завдання оптимального управління диференціальних зв'язків, заснованих на аналітичній розподіленій моделі секції транспортного конвеєра. Відмінними рисами отриманих результатів є те, що допустимі управління містять обмеження на величину гранично допустимого навантаження матеріалу на конвеєрну стрічку та враховують початковий і кінцевий розподіл матеріалу вздовж секції збірного конвеєра. Особливістю отриманих результатів слід назвати врахування змінної транспортної затримки моделі управління транспортним конвеєром. Сферою застосування одержаних результатів є гірничодобувна промисловість. Розроблені моделі дозволять синтезувати алгоритми оптимального керування потоковими параметрами транспортної системи гірничодобувного підприємства з урахуванням транспортної затримки надходження матеріалу на виході секції конвеєра. Умовою практичного використання отриманих результатів є наявність у секціях транспортного конвеєра вимірювальних датчиків, що визначають швидкість стрічки та кількість матеріалу в акумулюючих бункерах.

**Ключові слова:** РіКh-модель, керування швидкістю, транспортна затримка, акумулюючий бункер, критерії подібності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263270

#### РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ФУНКЦІЙ БІЛКІВ (с. 42–49)

Yekaterina Golenko, Aisulu Ismailova, Anargul Shaushenova, Zhazira Mutalova, Damir Dossalyanov, Aliya Ainagulova, Akgul Naizagarayeva

Передбачення функцій білків є важливою частиною анотації генома, яка може допомогти у вирішенні широкого спектру біологічних завдань. Існує безліч методів передбачення функцій білків. Однак, за винятком послідовності, більшість ознак важко отримати або вони недоступні для багатьох білків, що обмежує область їхнього застосування. Крім того, ефективність методів передбачення ознак на основі послідовностей часто нижча, ніж у методів, що включають декілька ознак, а передбачення ознак білків може займати багато часу. Останні досягнення в цій області пов'язані з розвитком машинного навчання, що демонструє великий прогрес у вирішенні задачі передбачення функцій білків. Однак сьогодні більшість білкових послідовностей мають статус «нехарактерних» або «припустимих».

Необхідність оцінки точності ідентифікації функцій білків є актуальним завданням методів машинного навчання, що використовуються для передбачення функцій білків. В даному дослідженні оцінювалася ефективність двох популярних алгоритмів передбачення функцій (ProtCNN і BiLSTM) з двох точок зору, та були описані процедури побудови цих моделей.

В результаті дослідження сімейств Pfam, ProtCNN досягає точності 0,988 %, а двонаправлена LSTM має точність 0,9506 %. Використання набору даних Pfam дозволило підвищити точність класифікації за рахунок великого набору навчальних даних. При великому обсязі навчальних даних якість передбачення збільшується.

Дослідження показало, що алгоритми машинного навчання можуть використовуватися в якості ефективного інструменту для побудови моделей прогнозування функцій білків, зокрема, мережа CNN може бути адаптована в якості точного інструменту для анотації функцій білків за наявності великих наборів даних.

**Ключові слова:** передбачення функцій білків, класифікація, нейронні мережі, ProtCNN, двонаправлена довга короткострокова пам'ять (BiLSTM).

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266262

#### РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНО-ВЕКТОРНОГО ПРОСТОРУ ОСВІТЬНОГО СЕРЕДОВИЩА (с. 50–61)

А. О. Білощичкий, С. В. Цюцюра, О. Ю. Кучанський, О. О. Сербін, М. І. Цюцюра, С. В. Білощичка, Adil Faizullin

На основі аналізу наукових розробок у галузі застосування методології управління проектами для управління освітнім середовищем обґрунтовано застосування векторної парадигми до побудови методології управління проектами в академічному середовищі. Запропоновано методологічну концепцію проектного управління в освітньому середовищі та створено концептуальну основу методології проектно-векторного управління освітнім середовищем. Розроблено теоретичні засади проектно-векторного управління освітніми середовищами. Розроблено математичну модель управління проектами в освітніх середовищах, оригінальність якої



забезпечується за рахунок представлення сутностей проектів, продуктів, інструментів та суб'єктів освітніх середовищ у вигляді об'єктів проектно-векторного простору, що переміщуються з вихідної точки (проект виникнення) до його завершення. Введено та використано в математичній моделі поняття потенційного руху об'єктів у проектно-векторному просторі (ПВП). Дано визначення невимушеного опору ПВП, джерелом якого є закономірність впливу значної кількості об'єктів та суб'єктів проектно-векторного простору один на одного, присутня у більшості проектів освітніх середовищ та перешкоджає їх реалізації. Запропонована методологія створює сучасну науково-методичну базу для побудови систем управління проектами в освітніх організаціях. Практична реалізація результатів дослідження створює підґрунтя для підвищення ефективності та якості діяльності освітніх організацій за рахунок чіткої організації управлінських процедур.

**Ключові слова:** проектно-векторна методологія, проектно-векторний простір, управління проектами, освітнє середовище.