

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.287700

**ENHANCING ACCURACY OF INFORMATION PROCESSING
IN ONBOARD SUBSYSTEMS OF UAVS**

pages 6–10

Igor Zhukov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Computer Systems and Networks, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9785-0233>

Bogdan Dolintse, Head of IT Unit, SURGe Project, Kyiv, Ukraine, e-mail: bogdan.dolintse@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-4117>

The object of research is the onboard subsystems of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The research is aimed at analyzing UAVs, specifically the integration and enhancement of satellite-based positioning systems, including Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and Inertial Navigation Systems (INS).

The problem concerns traditional satellite-based positioning services, especially those relying solely on medium earth orbit (MEO) satellites, which are insufficient for specific requirements. The study aims to address the limitations of these systems on onboard subsystems of UAVs, especially in challenging environments laden with jammers and interference, and to provide a more accurate, robust, and continuous positioning solution.

The research proposes a «multilayer system of systems» approach that integrates signals from various sources, including low Earth orbit (LEO) satellites, ground-based positioning, navigation, and timing (PNT) systems, and user-centric sensors. The combined approach, termed LeGNSS/INS, leverages the strengths of each component, providing redundancy and enhanced accuracy. The system's performance was evaluated using pseudo-real output data, demonstrating its ability to generate quasi-real dynamic trajectories for UAV flight. The error analysis showed that the proposed method consistently outperforms traditional GNSS systems, especially in challenging environments.

The enhanced performance of the LeGNSS/INS system can be attributed to integrating multiple satellite systems with INS and applying optimal filtering techniques. The research also employed mathematical modeling to represent the dependencies and interactions when combining data from different sources, such as GPS, LEO, and INS. The Kalman filter is a mechanism to fuse data from multiple sources optimally.

The insights from this study apply to various sectors, including aviation, maritime navigation, autonomous drones, and defense. The enhanced positioning accuracy can significantly improve safety, navigation precision, and operational efficiency. However, the study assumes idealized conditions for satellite signal reception, which might not always be accurate in real-world scenarios. Challenges, such as the martial law conditions in Ukraine affecting data collection and potential satellite signal restrictions, were also highlighted. Further research can delve into the impact of more complex environmental factors and the integration of additional satellite systems or sensors to enhance accuracy further.

Keywords: LeGNSS, INS, LEO satellites, UAV, multi-constellation positioning system, precise positioning, drone management.

References

1. Bryson, M., Sukkariieh, S. (2015). UAV Localization Using Inertial Sensors and Satellite Positioning Systems. *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. Dordrecht: Springer, 433–460. doi: https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1_3
2. Won, J. H., Pany, T. (2017). Signal Processing. *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems*. Cham: Springer, 401–442. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42928-1_14
3. Elkaim, G. H., Lie, F. A. P., Gebre-Egziabher, D.; Valavanis, K., Vachtsevanos, G. (Eds.) (2015). Principles of Guidance, Navigation, and Control of UAVs. *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. Dordrecht: Springer, 347–380. doi: https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1_56
4. Jardak, N., Jault, Q. (2022). The Potential of LEO Satellite-Based Opportunistic Navigation for High Dynamic Applications. *Sensors*, 22 (7), 2541. doi: <https://doi.org/10.3390/s22072541>
5. Kogure, S., Ganeshan, A., Montenbruck, O.; Teunissen, P. J., Montenbruck, O. (Eds.) (2017). Regional Systems. *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems*. Cham: Springer, 305–337. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42928-1_11
6. Vasyliiev, V. M., Rogozhyn, V. O., Dolintse, B. I. (2015). Integration of inertial and satellite navigation systems using corrective circuits for UAV. *2015 IEEE APUAVD*. Kyiv, 193–197. doi: <https://doi.org/10.1109/apuavd.2015.7346597>
7. Maya, D., Gallego, Z., Zaid, R., Kouedjin, K. Y., Sarri, P., Guinamard, A. (2021). Tightly Coupled Integration of Inertial Data with Multi-Constellation PPP-IF with Integer Ambiguity Resolution. *Proceedings of the 34th ION GNSS+ 2021*. St. Louis, 2879–2894. doi: <https://doi.org/10.33012/2021.18023>
8. Li, T., Zhang, H., Gao, Z., Chen, Q., Niu, X. (2018). High-Accuracy Positioning in Urban Environments Using Single-Frequency Multi-GNSS RTK/MEMS-IMU Integration. *Remote Sensing*, 10 (2), 205. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10020205>
9. Reuper, B., Becker, M., Leinen, S. (2018). Benefits of Multi-Constellation/Multi-Frequency GNSS in a Tightly Coupled GNSS/IMU/Odometry Integration Algorithm. *Sensors*, 18 (9), 3052. doi: <https://doi.org/10.3390/s18093052>
10. Chen, Z., Li, J., Luo, J., Cao, X. (2018). A New Strategy for Extracting ENSO Related Signals in the Troposphere and Lower Stratosphere from GNSS RO Specific Humidity Observations. *Remote Sensing*, 10 (4), 503. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10040503>
11. Zhang, P., Tu, R., Zhang, R., Gao, Y., Cai, H. (2018). Combining GPS, BeiDou, and Galileo Satellite Systems for Time and Frequency Transfer Based on Carrier Phase Observations. *Remote Sensing*, 10 (2), 324. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10020324>
12. Swaminathan, H. B., Sommer, A., Becker, A., Atzmueller, M. (2022). Performance Evaluation of GNSS Position Augmentation Methods for Autonomous Vehicles in Urban Environments. *Sensors*, 22 (21), 8419. doi: <https://doi.org/10.3390/s22218419>
13. Elghamrawy, H., Karaim, M., Tamazin, M., Noureldin, A. (2020). Experimental Evaluation of the Impact of Different Types of Jamming Signals on Commercial GNSS Receivers. *Applied Sciences*, 10 (12), 4240. doi: <https://doi.org/10.3390/app10124240>
14. del Portillo, I., Cameron, B. G., Crawley, E. F. (2019). A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband. *Acta Astronautica*, 159, 123–135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.03.040>
15. Xu, X., Wang, C., Jin, Z. (2022). An analysis method for ISL of multilayer constellation. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 33 (4), 961–968. doi: <https://doi.org/10.23919/jsee.2022.000093>
16. Singh, L. A., Whittecar, W. R., DiPrinzio, M. D., Herman, J. D., Feringer, M. P., Reed, P. M. (2020). Low cost satellite constellations for

- nearly continuous global coverage. *Nature Communications*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13865-0>
17. Wang, J., Zhou, Z., Jiang, W., Cai, B., Shangguan, W.; Sun, J., Yang, C., Xie, J. (Eds.) (2020). A Multi-constellation Positioning Method Based on Optimal Stochastic Modelling. *China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2020 Proceedings: Vol. I. CSNC 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore: Springer, 358–367. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3707-3_34
 18. Tomaščík, J., Chudá, J., Tunák, D., Chudý, F., Kardoš, M. (2020). Advances in smartphone positioning in forests: dual-frequency receivers and raw GNSS data. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94 (2), 292–310. doi: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa032>
 19. Yang, Y., Liu, L., Li, J., Yang, Y., Zhang, T., Mao, Y., Sun, B., Ren, X. (2021). Featured services and performance of BDS-3. *Science Bulletin*, 66 (20), 2135–2143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.06.013>
 20. Zhu, H., Xia, L., Wu, D., Xia, J., Li, Q. (2020). Study on Multi-GNSS Precise Point Positioning Performance with Adverse Effects of Satellite Signals on Android Smartphone. *Sensors*, 20 (22), 6447. doi: <https://doi.org/10.3390/s20226447>
 21. Jardak, N., Adam, R. (2023). Practical Use of Starlink Downlink Tones for Positioning. *Sensors*, 23 (6), 3234. doi: <https://doi.org/10.3390/s23063234>
 22. Neinavaie, M., Kassas, Z. M. (2023). Unveiling Starlink LEO Satellite OFDM-Like Signal Structure Enabling Precise Positioning. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1–4. doi: <https://doi.org/10.1109/taes.2023.3265951>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.290127

DEVELOPMENT OF FLOATING POINT OPERATING DEVICES

pages 11–17

Georgi Luckij, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Informatics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3155-8301>

Oleksandr Dolhonenko, PhD, Associate Professor, Senior Researcher, Department of Informatics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: aleks.dolhonenko@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3375-7117>

The paper shows a well-known approach to the construction of cores in multi-core microprocessors, which is based on the application of a data flow graph-driven calculation model. The architecture of such kernels is based on the application of the reduced instruction set level data flow model proposed by Yale Patt. The object of research is a model of calculations based on data flow management in a multi-core microprocessor.

The results of the floating-point multiplier development that can be dynamically reconfigured to handle five different formats of floating-point operands and an approach to the construction of an operating device for addition-subtraction of a sequence of floating-point numbers are presented, for which the law of associativity is fulfilled without additional programming complications. On the basis of the developed circuit of the floating-point multiplier, it is possible to implement various variants of the high-speed multiplier with both fixed and floating points, which may find commercial application. By adding memory elements to each of the multiplier segments, it is possible to get options for building very fast pipeline multipliers. The multiplier scheme has a limitation: the exponent

is not evaluated for denormalized operands, but the standard for floating-point arithmetic does not require that denormalized operands be handled. In such cases, the multiplier packs infinity as the result.

The implementation of an inter-core operating device of a floating-point adder-subtractor can be considered as a new approach to the practical solution of dynamic planning tasks when performing addition-subtraction operations within the framework of a multi-core microprocessor. The limitations of its implementation are related to the large amount of hardware costs required for implementation. To assess this complexity, an assessment of the value of the bits of its main blocks for various formats of representing floating-point numbers, in accordance with the floating-point standard, was carried out.

Keywords: floating-point multiplier, superscalar processor, associativity law, Baugh-Wooley algorithm, CISC-RISC.

References

1. Patt, Y., Hwu, W. et al. (1986). Experiments with HPS, a Restricted Data Flow Micro architecture for High Performance Computers. *COMPCON 86*, 254–258.
2. Simone, M., Essen, A., Ike, A., Krishnamoorthy, A., Maruyama, T., Patkar, N. et al. (1995). Implementation trade-offs in using a restricted data flow architecture in a high performance RISC microprocessor. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 23 (2), 151–162. doi: <https://doi.org/10.1145/225830.224411>
3. Hennessy, J. L., Patterson, D. A. (2019). *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. Morgan Kaufmann, 1527.
4. Kanter, D. (2012). *Intel's Haswell CPU Microarchitecture*. Available at: <http://www.realworldtech.com/haswell-cpu/>
5. Shen, J., Lipasti, M. (2013). *Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors*. Waveland Press, 642.
6. Lutsyki, H. M., Dolhonenko, O. M., Aksonenko, S. V., Storozhuk, V. O. (2014). Modeliuvannia obmezhenoi realizatsii arkhitektury potoku danykh v strukturi superskaliarnoho protsesora. *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysluvalna tekhnika*, 60, 83–94.
7. Dolhonenko, A. O., Yatsun, V. O. (2016). Realizatsiia operatsiinoho prystroiu sumatora/vidnimacha z plavaiuchoiu krapkoiu dlia yadra superskaliarnoho protsesora. *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysluvalna tekhnika*, 64, 106–116.
8. *IEEE 754: Standard for Binary Floating-Point Arithmetic* (2019). Available at: https://grouper.ieee.org/groups/msc/ANSI_IEEE-Std-754-2019/background/
9. *What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic*. Available at: <https://ece.uwaterloo.ca/~dwharder/NumericalAnalysis/02Numerics/Double/paper.pdf>
10. Knut, D. (1977). *Iskusstvo programirovaniia dlia EVM*. Vol. 2. Moscow: Mir, 724.
11. Mak-Kraken, D., Dorn, U. (1977). *Chislennyye metody i programirovanie na FORTRAN*. Moscow: Mir, 584.
12. *Strictly, there exist other variants of compensated summation as well: see Higham, Nicholas* (2002). Accuracy and Stability of Numerical Algorithms. SIAM, 110–123.
13. Lutsyki, H. M. et al. (2016). *Metody ta zasoby pidvyshchennia efektyvnosti rishennia zdach na osnovi perestroiuwanykh obchysluvalnykh zasobiv na PLIS* – Zakl. zvit po NDR No. DR 0216U007635. Kyiv, 244.
14. Baugh, C. R., Wooley, B. A. (1973). A Two's Complement Parallel Array Multiplication Algorithm. *IEEE Transactions on Computers*, C-22 (12), 1045–1047. doi: <https://doi.org/10.1109/t-c.1973.223648>
15. Parhami, B. (2000). *Computer Arithmetic. Algorithms and Hardware Designs*. New York: Oxford University Press, 491.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285986

THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR VISUALIZING THE STATES OF THE NATIONAL SECURITY SYSTEM

pages 18–21

Nina Kuchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Computer Engineering and Programming, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0784-1465>

Andrii Shyshatskyi, PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Computerized Management Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: ierikon13@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Yurii Zhuravskiy, Doctor of Technical Science, Senior Research Fellow, Head of Department of Electrical Engineering and Electronics, Zhytomyr Military Institute named after S. P. Koroliov, Zhytomyr, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-9732>

Tetiana Stasiuk, Lecturer, Cyclic Commission of General Education Disciplines, Sergeant Military College, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8434-1853>

Oleksii Nalapko, PhD, Senior Research Fellow, Scientific-Research Laboratory of Automation of Scientific Researches, Central Scientific-Research Institute of Armaments and Military Equipments of The Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3515-2026>

Peter Sliusar, Research Fellow, Research Institute of Military Intelligence, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3738-2523>

Nadiia Protas, PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0943-0587>

Olena Shaposhnikova, PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-8205>

Sergii Pronin, PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7475-621X>

Oksana Havryliuk, Researcher, Scientific Center, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8694-7251>

The scientific task, which is solved in the research, is the cognitive display of the state of the national security system with a complex hierarchical structure. As a rule, images are created individually taking into account a specific application field and interpreted by an expert (a group of experts) based on accumulated knowledge. Cognitive mapping is designed to support decision making by an expert (group of experts), monitoring and managing in real time. The

object of research is the system of ensuring national security. The subject of the research is the functioning of the national security system. The research developed a method of visualization of the states of the national security system. An overview of the methods of visual graphic presentation of information about the state of multidimensional objects and systems was carried out.

The novelties of the proposed method are:

- creation of a visual, multi-level and interconnected description of the national security system;
- increasing the efficiency of decision making while assessing the state of the national security system;
- solving the problem of falling into global and local extremes while assessing the state of the national security system;
- combination of graphic and numerical display of controlled state parameters of the national security system;
- avoiding the problem of loops while visualizing the state of the national security system in real time.

The specified method should be implemented in specialized software, which is used to analyze the state of the national security system and make management decisions.

Keywords: graphical and numerical display, national security, cognitive modeling, operational efficiency of decision making, hierarchical systems.

References

1. Shevchenko, A. I., Baranovskiy, S. V., Bilokobylskiy, O. V., Bodianskyi, Ye. V., Bomba, A. Ya. et al.; Shevchenko, A. I. (Ed.) (2023). *Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini*. Kyiv: IPSHI, 305.
2. Shyshatskyi, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zv'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1 (5), 35–40.
3. 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>
4. Sova, O., Shyshatskyi, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., Hrokholskyi, 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>
5. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskiy, B., Shyshatskyi, 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>
6. 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
7. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti*. Vinnytsa: UNIVERSUM, 320.
8. 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>
9. 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>
10. 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>
 11. 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>
 12. 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>
 13. 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>
 14. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The 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>
 15. 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)
 16. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivnyi podkhod k imitacii nomu modelirovaniu slozhnykh sistem. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskie nauki*, 3, 239–250.
 17. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5 (11), 32–41. doi: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04>
 18. Meyer, P., Roubens, M. (2006). On the use of the Choquet integral with fuzzy numbers in multiple criteria decision support. *Fuzzy Sets and Systems*, 157 (7), 927–938. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2005.11.014>
 19. Lau, N., Jamieson, G. A., Skraaning, G., Burns, C. M. (2008). Ecological Interface Design in the Nuclear Domain: An Empirical Evaluation of Ecological Displays for the Secondary Subsystems of a Boiling Water Reactor Plant Simulator. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 55 (6), 3597–3610. doi: <https://doi.org/10.1109/tns.2008.2005725>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289747

AN ANALYSIS OF KNOWLEDGE REPRESENTATION METHODS IN INTELLIGENT DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEMS

pages 22–26

Oleksandr Gaman, Postgraduate Student, Scientific and Organizational Department, Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Informatization, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4676-3321>

Andrii Shyshatskyi, PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Computerized Management Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: ierikon13@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Vitalina Babenko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4816-4579>

Tetiana Pluhina, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6724-6708>

Larisa Degtyareva, PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-9550>

Olena Shaposhnikova, PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-8205>

Sergii Pronin, PhD, Associate Professor, Department of Computer Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7475-621X>

Nadiia Protas, PhD, Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0943-0587>

Tetiana Stasiuk, Lecturer, Cyclic Commission of General Education Disciplines, Sergeant Military College, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8434-1853>

Inna Kutsenko, Researcher, Scientific and Methodological Center, Defence Intelligence Research Institute, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7549-0643>

The scientific task, which is solved in the research, is the analysis of knowledge representation methods in intelligent decision-making support systems. The problem is explained by the fact that the form of knowledge representation significantly affects the characteristics and properties of the system. In order to operate all kinds of knowledge from the real world with the help of a computer, it is necessary to carry out their simulation. In such cases, it is necessary to distinguish knowledge intended for processing by computational devices from knowledge used by humans. In addition, with a large amount of knowledge, it is desirable to simplify the sequential management of individual elements of knowledge. A homogeneous representation leads to a simplification of the logic management mechanism and a simplification of knowledge management. The research is aimed at the analysis of knowledge representation methods in intelligent decision-making support systems. Currently, many models of knowledge representation have been developed. The main models include: logical models; frame model; network models (or semantic networks); production models. Therefore, the object of research is the intelligent decision-making support system. The subject of research is an intelligent decision-making support system.

The following is set:

- the methods (models, approaches) presented in the research for presenting knowledge in intelligent decision-making support systems in a canonical form are not advisable to use for a number of objective reasons given in subsection 3.1 of the research;
- it is necessary to develop new (improvement of existing) representations of knowledge in intelligent decision-making support systems, which will have the advantages of these approaches without their disadvantages.

Further improvement of these approaches to reduce the number of shortcomings and limitations of their application should be considered as the direction of further research.

Keywords: decision making support systems, efficiency, cognitive models, global and local optimization.

References

1. Shevchenko, A. I., Baranovskyi, S. V., Bilokobylskiy, O. V., Bodianskyi, Ye. V., Bomba, A. Ya. et al.; Shevchenko, A. I. (Ed.) (2023). *Stratehiia rozvytku shtuchmoho intelektu v Ukraini*. Kyiv: IPShI, 305.
2. Shyshatskiy, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zv'iazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Ozbroiennia ta viiskova tekhnika*, 1 (5), 35–40.
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. 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>
5. 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
6. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy, neironnye seti*. Vinnytsia: UNIVERSUM, 320.
7. 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>
8. 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>
9. 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>
10. 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>
11. 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>
12. 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)
13. Gorelova, G. V. (2013). Kognitivnyi podkhod k imitatsionnomu modelirovaniu slozhnykh sistem. *Izvestiia IuFU. Tekhnicheskie nauki*, 3, 239–250.
14. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. (2013). A Novel Cat Swarm Optimization Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5 (11), 32–41. doi: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.11.04>
15. 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>
16. Harding, J. L. (2013). Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *The Interna-*

tional 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>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289735

STUDY OF QUALITY MODELS USED BY LOGISTICS OPERATORS IN ARGENTINA AND SOUTH AMERICA

pages 27–33

Lucas Kadener, Professor, Instituto de Ciencia y Tecnología – IcyTec, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Provincia de Buenos Aires, Argentina, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1602-5383>, e-mail: lkadener@gmail.com

Horacio Andres Repetto, Professor, Instituto de Ciencia y Tecnología – IcyTec, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Provincia de Buenos Aires, Argentina, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1334-9795>

Ana Maria Lopez Libertella, Professor, Instituto de Ciencia y Tecnología – IcyTec, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Provincia de Buenos Aires, Argentina, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8119-1294>

Constanza Moltedo, Postgraduate Student, Instituto de Ciencia y Tecnología – IcyTec, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Provincia de Buenos Aires, Argentina, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0720-7879>

This research aims to gather information on the use of Excellence models (such as the Quality Awards) by Logistics Operators in Argentina and neighboring countries. Therefore, the object of the research is the quality models used by logistics operators.

In general, these organizations, and mainly those where Logistics is their main service, have begun applying quality standards later than other types of organizations, like those in the manufacture or services industries. This is because their practice is not deemed an added-value activity by the customer.

This study found that, at the regional level, these companies are in the process of applying Quality, Environmental, Road Safety and other Management Systems from the ISO suite (ISO 9001, ISO 14001, ISO 39001, etc.), but the use of Excellence models is only present in some, mainly in Argentina-based companies. Remarkably, this behavior does not replicate in other countries of the region (Brazil, Chile, Uruguay), where the aforementioned standards are more widely applied. On the other hand, some countries have their own standards (Argentina, Brazil) for Freight activities developed by their local chambers, but these are mainly focused on the operational aspect of their activity.

In this study, information was collected regarding the methodology related to quality and excellence of 109 companies, belonging to Argentina, Brazil, Chile, Colombia and Peru. At the regional level, the ISO 9001 management model is adopted by 68 % of the organizations studied, followed by ISO 14001 adopted by 30 % of the organizations and ISO 45001 adopted by 15 % of the organizations. Based on the conclusions of this work, there is an opportunity to create specific policy around Quality Models for this industry that will support the creation of new standards and the improvement of existing ones. This paper can serve as a starting point for analyzing the scenario in other regions within a framework of similar geographical characteristics.

Keywords: quality models, management systems, logistics operators, national quality awards.

References

- Santandreu, J. P., García, D. S. (2004). *Calidad Total y Logística*. Editorial Marge Books, 160.
- Vázquez, R., Josefina, N. et al. (2012). *Logística y calidad. Memorias*. Jornada Científica de Ingeniería Industrial. México: ITSON.
- Ulla, L. et al. (2021). *Logística sustentable en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Cámara Empresaria de Operadores Logísticos.
- Cambios y mirada prospectiva de las Operaciones Logísticas. Cámara Empresaria de Operadores Logísticos CEDOL* (2020). Cámara Empresaria de Operadores Logísticos. Buenos Aires.
- Eroglu, C., Kurt, A. C., Elwakil, O. S. (2016). Stock Market Reaction to Quality, Safety, and Sustainability Awards in Logistics. *Journal of Business Logistics*, 37 (4), 329–345. doi: <https://doi.org/10.1111/jbl.12145>
- Nae, I., Severin, I. (2018). Performance management model for third party logistics companies. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 80, 279–286.
- Ghafoor, L. (2023). *A Review of Study on Quality Assurance Models*. OSF Preprints eg7v2. Center for Open Science. doi: <https://doi.org/10.31219/osf.io/eg7v2>
- Beltrán, J., Muñuzuri, J., Rivas, M. Á., Martín, E. (2010). Modelo de evaluación de la gestión logística en empresas. *XIV Congreso Ingeniería de Organización*. Donostia-San Sebastián. España, 1129–1137
- Pejić, V., Lisec, A. (2016) Combining Lean and green in logistics: a survey of logistics companies in Slovenia. *Acomplishing goals of tertiary environmental education by using debate as an educational method*, 531–552.
- Rodrigues, H. S., Alves, W., Silva, Á. (2020). The impact of lean and green practices on logistics performance: a structural equation modelling. *Production*, 30. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190072>
- Informe sobre Operadores Logísticos 2020. Resultados de la Encuesta Técnica* (2020). Logísticas Cámara Empresaria de Operadores Logísticos CEDOL. Buenos Aires.
- Relatório de Mercado de Condomínios Logísticos 4º trimestre 2022, ABOL (Associação Brasileira de Operadores Logísticos)* (2023). Associação Brasileira de Operadores Logísticos. Sao Paulo.
- Relatório de Mercado de Condomínios Logísticos 3º trimestre 2022, ABOL (Associação Brasileira de Operadores Logísticos)* (2022). Associação Brasileira de Operadores Logísticos. Sao Paulo.
- Relatório de Mercado de Condomínios Logísticos 2º trimestre 2022, ABOL (Associação Brasileira de Operadores Logísticos)* (2022). Associação Brasileira de Operadores Logísticos. Sao Paulo.
- Relatório de Mercado de Condomínios Logísticos 1º trimestre 2022, ABOL (Associação Brasileira de Operadores Logísticos)* (2022). Associação Brasileira de Operadores Logísticos. Sao Paulo.
- Modelo para una gestión de Excelencia Empresas Edición 2019* (2019). Fundación Premio Nacional a la Calidad.
- Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión V2019* (2019). Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad.
- Trigoso Vergaray, J. (2021). *Relación entre gestión logística y calidad de servicio del cliente interno de la Unidad Logística del INCN, 2020*. Available at: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3078358>
- Innovación y Productividad en las Operaciones Logísticas. Cambios y mirada prospectiva de las Operaciones Logísticas* (2016). Cámara Empresaria de Operadores Logísticos CEDOL. Buenos Aires.
- Pinheiro de Lima, O., Brevial Santiago, S., Rodríguez Taboada, C. M., Follmann, N. (2017). Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 25 (2), 264–276. doi: <https://doi.org/10.4067/s0718-33052017000200264>
- Mohedano Torres, E. de J., Echeverría Ríos, O. M., Martínez Hernández, M., Lezama León, M. H. (2023). Modelo SERVQUAL para medir la calidad en el servicio en operadores logísticos. *Revista CEA*, 9 (19), e2234. doi: <https://doi.org/10.22430/24223182.2234>
- Francés, D. S., Saura, I. G., Blasco, M. F. (2009). La influencia de la calidad de servicio logístico en la lealtad. Un análisis del papel moderador de las TIC. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 15 (3), 33–54.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289918

PROVIDING SOFTWARE SUPPORT FOR ECONOMIC ANALYSIS

pages 34–39

Olha Starkova, Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Cybersecurity and Information Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9034-8830>

Dmytro Bondarenko, PhD, Associate Professor, Head of Department of Information Systems, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2276-586X>

Yevhen Hrabovskiy, PhD, Associate Professor, Department of Information Systems, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Yevgen.Hrabovskiy@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7799-7249>

Today, modern software and hardware of information technologies are used to automate production processes, starting from modeling of technical developments and automated computer systems. This study is aimed at describing the process of implementing software support for economic analysis of the enterprise, which will calculate the main economic indicators and informatively display the calculated data. The object of the study is an automated system for calculating and maintaining the main economic indicators of the enterprise. The subject of research is methods of database design and development, data visualization and web applications. A review of literature sources allowed to conclude that most often to assess the economic performance of the enterprise, standard technologies are used, which the authors adapt to specific economic problems. In addition, the analysis of modern research has not identified a single software product that would collect, accumulate, analyze information and calculate the main indicators of economic activity of the enterprise, as well as monitor changes in such indicators in the dynamics. Automation of calculation of economic indicators, statistical analysis and visualization of data gives the chance to carry out effective management of the enterprise in modern economic conditions. The developed system allows to analyze the use of fixed assets; working capital analysis; analysis of the use of labor resources; profitability analysis; analysis of financial stability of enterprises. The paper shows the process of developing a functional model of a web application for the automated calculation of key economic indicators, and presents the advantages and disadvantages of working with the PostgreSQL database management system. The structure of the developed database, which consists of four tables, is given. An example of the work of the developed web application is presented.

Keywords: software, web application, financial analysis, automated system, database.

References

- Andrieieva, H. I. (2014). Formation system of economic indicators as the basis of analysis of business enterprise. *Efektynna ekonomika*, 3. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2872>
- Shurpenkova, R. K. (2014). Information technology for economic analysis for enterprise. *Sotsialno-ekonomichni problemy suchasnoho*

periodu Ukrainy. *Problemy intehratsii Ukrainy u svitovyi finansovyi prostir*, 1 (105). Available at: [http://ird.gov.ua/sep/sep20141\(105\)/sep20141\(105\)_433_ShurpenkovaRK.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20141(105)/sep20141(105)_433_ShurpenkovaRK.pdf)

3. Skopen, M. M., Lobanova, V. A. (2011). Automation of enterprise's financial results analysis and financial sustainability audit on the platform of databases management system «Access». *Ekonomichnyi chasopys – XXI*, 7-8. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/47821/17-Skopen.pdf?sequence=1>
4. Handayani, T., Aprilia, R. T., Widaningsih, O., Kesuma, F. N., Jumansyah, R. (2021). Information Technology on Economic Growth and Stability. *FIRM Journal of Management Studies*, 6 (2), 153. doi: <https://doi.org/10.33021/firm.v6i2.1560>
5. Li, C. (2013). The Contribution of Information Technology to Economic Growth. *Applied Mechanics and Materials*, 411-414, 2533–2536. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.411-414.2533>
6. Philip V, M. (2021). Analysis of the contribution of information technology in investments. *International Journal of Advanced Research*, 9 (2), 492–497. doi: <https://doi.org/10.21474/ijar01/12474>
7. Hrabovskiy, Y., Kots, H., Szymczyk, K. (2022). Justification of the innovative strategy of information technology implementation for the implementation of multimedia publishing business projects. *Proceedings on Engineering Sciences*, 4 (4), 467–480. doi: <https://doi.org/10.24874/pes04.04.008>
8. Mazaraki, A. A., Boiko, M. H., Bosovska, M. V., Kulyk, M. V. (2020). Multi-agent information service system of managing integration processes of enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 103–108. doi: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/103>
9. Hlibko, S., Vnukova, N., Davydenko, D., Podrez-Riapolova (2021). Usage of E-Technologies for Development Financial and Economic Potential of United Territorial Communities. *IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology, PIC S and T 2021 – Proceedings*, 93–97. doi: <https://doi.org/10.1109/picst54195.2021.9772240>
10. *UML-diahrama. Vydy diahram UML* (2021). Available at: <https://ukrpublic.com/aktualne/uml-diagrama-vidi-diagram-uml.html>
11. *PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database*. Available at: <https://www.postgresql.org>
12. *Understanding Object-Relational Mapping: Pros, Cons, and Types*. Available at: <https://www.altexsoft.com/blog/object-relational-mapping/>
13. Voloshyn, O. *Deep Dive Into Using Patterns With Selenium: ohliad 8 shabloniv, shcho stanut u pryhodi*. Available at: <https://www.globallogic.com/ua/insights/blogs/dive-into-the-selenium-patterns/>
14. *Active Record Basics*. Available at: https://guides.rubyonrails.org/active_record_basics.html

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.290033

FANET MANAGEMENT PROCESS SIMULATION AT THE DEPLOYMENT AND OPERATION STAGE

pages 40–47

Robert Bieliakov, PhD, Associate Professor, Scientific-Organizational Department, Military Institute of Telecommunication and Information Technologies named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, e-mail: france417@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9882-3088>

Oleksii Fesenko, Lecturer, Department of Technical and Metrological Support, Military Institute of Telecommunication and Information Technologies named after the Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2114-5327>

The object of the study is the process of managing the air network of air communication platforms of the FANET class (Flying Ad-Hoc Network), which is a component of the ground-air communication network, and which is performed on rotary unmanned aerial vehicles (UAVs) of the mini class, at the stage of deployment and operational management. The scientific research is aimed at the managing process formalization of aerial communication platforms of the air communication network in the implementation of two classes of management tasks – the class of traffic management tasks and the class of communication tasks. The analysis of this subject area showed that the management tasks at the stage of deployment and operational management of the air subnet are a multi-parameter optimization task and require the formation of control solutions at the OSI physical, channel and network levels, open systems interaction model. Tasks related to the adaptive management of radio coverage in zones (geographic areas of the area), including the clustering of terrestrial subscribers (communication nodes), were not considered, and relate to processes at the transport and application levels. At the same time, the article shows the mathematical apparatus of the approach to the compensation of the deviations of the trajectory of an unmanned aerial vehicle (UAV) in the conditions of a directional obstacle, which will allow the formation of control solutions for adaptive control, directional patterns at the output of the transmission path. Such compensation is carried out using methods of algorithmic exchange of probes (messages) between the mobile base station and communication platforms with a certain periodicity – solutions at the channel and network levels, as well as the use of Multi User MIMO technologies. This technology allows for information exchange with several client devices at the same time, and not sequentially, sending probes to several spacecraft on one channel, using several transmitting and receiving antennas, and the calculation of channel coefficients allows to estimate the azimuthal angle of deviation and the angle of elevation.

Keywords: ground-to-air communication network, FANET, objective functions, deployment phase, operational management, prediction, dynamic topology.

References

1. Dakov, S., Dakova, L. (2019). Improving the reliability of software-defined network. *Information Systems and Technologies Security*, 1 (1), 66–78. doi: <https://doi.org/10.17721/ists.2019.1.66-78>
2. Thamizhmaran, K. (2020). Performance of Mobile Ad-Hoc Network. *Journal of VLSI Design and Signal Processing*, 6 (2), 22–25. doi: <https://doi.org/10.46610/jovdsp.2020.v06i02.005>
3. Bieliakov, R., Fesenko, O. (2023). Mobility model of a special purpose terrestrial communication network. *Computer-integrated technologies: education, science, production*, 51, 130–138. doi: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-51-17>
4. Romaniuk, V. A., Bieliakov, R. O. (2023). Objective control functions of FANET communication nodes of land-air network. *Computer-integrated technologies: education, science, production*, 50, 125–130. doi: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-19>
5. Menna, B., Villar, S., Acosta, G. (2019). Navigation System for MACÁBOT an Autonomous Surface Vehicles Using GPS Aided Strap-down Inertial Navigation System. *IEEE Latin America Transactions*, 17 (6), 1009–1019. doi: <https://doi.org/10.1109/tla.2019.8896824>
6. Munguía, R. (2014). A GPS-aided inertial navigation system in direct configuration. *Journal of Applied Research and Technology*, 12 (4), 803–814. doi: [https://doi.org/10.1016/s1665-6423\(14\)70096-3](https://doi.org/10.1016/s1665-6423(14)70096-3)
7. Bieliakov, R. O., Radzivilov, H. D., Fesenko, O. D., Vasylychenko, V. V., Tsaturian, O. G., Shyshatskyi, A. V., Romanenko, V. P. (2019). Method of the intelligent system construction of automatic control of unmanned aircraft apparatus. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2019-1-20>

8. Delamer, J.-A., Watanabe, Y., Chanel, C. P. C. (2021). Safe path planning for UAV urban operation under GNSS signal occlusion risk. *Robotics and Autonomous Systems*, 142, 103800. doi: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103800>
9. Li, Q., Li, K., Liang, W. (2023). A zero-velocity update method based on neural network and Kalman filter for vehicle-mounted inertial navigation system. *Measurement Science and Technology*, 34 (4), 045110. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/acabde>
10. Bi, S., Ma, L., Shen, T., Xu, Y., Li, F. (2021). Neural network assisted Kalman filter for INS/UWB integrated seamless quadrotor localization. *PeerJ Computer Science*, 7, e630. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.630>
11. Park, K.-S., Kim, S.-H., Guerra Padilla, G. E., Kim, K.-J., Yu, K.-H. (2018). Operational Performance Evaluation of Remote Controllers for Manual Control of UAV. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 24 (4), 315–320. doi: <https://doi.org/10.5302/j.icros.2018.18.8001>
12. Nguyen, M. D., Le, L. B., Girard, A. (2022). Integrated UAV Trajectory Control and Resource Allocation for UAV-Based Wireless Networks With Co-Channel Interference Management. *IEEE Internet of Things Journal*, 9 (14), 12754–12769. doi: <https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3138374>
13. Khan, M. A., Qureshi, I. M., Khan, I. U., Nasim, A., Javed, U., Khan, W. (2018). On the Performance of Flying Ad-hoc Networks (FANETs) with Directional Antennas. *2018 5th International Multi-Topic ICT Conference (IMTIC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/imt.2018.8467274>
14. Zhang, L., Tao, C., Yang, G. (2011). Wireless Positioning: Fundamentals, Systems and State of the Art Signal Processing Techniques. *Cellular Networks – Positioning, Performance Analysis, Reliability*. doi: <https://doi.org/10.5772/14841>
15. Fakharian, A., Gustafsson, T., Mehrfam, M. (2011). Adaptive Kalman filtering based navigation: An IMU/GPS integration approach. *2011 International Conference on Networking, Sensing and Control*. doi: <https://doi.org/10.1109/icnsc.2011.5874871>
16. Li, J., Zhang, X. (2014). Two-dimensional angle estimation for monostatic MIMO arbitrary array with velocity receive sensors and unknown locations. *Digital Signal Processing*, 24, 34–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2013.08.005>

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.287700

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В БОРТОВИХ ПІДСИСТЕМАХ БПЛА (стор. 6–10)**Жуков І. А., Долінце Б. І.**

Об'єктом дослідження є бортові підсистеми безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Дослідження направлене на аналіз БПЛА, а саме інтеграції та вдосконаленню супутникових систем позиціонування, включаючи глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) та інерціальні навігаційні системи (INS).

Проблема стосується традиційних супутникових служб позиціонування, особливо тих, які повністю залежать від супутників середньої земної орбіти (МЕО), які є недостатніми для конкретних вимог. Дослідження спрямоване на вирішення обмежень цих систем в бортових підсистемах БПЛА, особливо в складних умовах, сповнених завадами та перешкодами, а також на надання більш точного, надійного та безперервного рішення щодо позиціонування.

Дослідження пропонує підхід «багатопланова система систем», який інтегрує сигнали з різних джерел, включаючи супутники низької земної орбіти (LEO), наземні системи позиціонування, навігації та часу (PNT) та сенсори, орієнтовані на користувача. Комбінований підхід, який називається LeGNSS/INS, використовує переваги кожного компонента, забезпечуючи резервування та покращену точність. Продуктивність системи була оцінена за допомогою псевдо-реальних вихідних даних, демонструючи її здатність генерувати майже реальні динамічні траєкторії польотів БПЛА. Аналіз похибок показав, що запропонований метод стійко перевершує традиційні системи GNSS, особливо в складних умовах.

Покращена продуктивність системи LeGNSS/INS пов'язана з інтеграцією декількох супутникових систем з INS та застосуванням методів оптимальної фільтрації інформації. У дослідженні також використовувалося математичне моделювання для представлення залежностей та взаємодії при комбінуванні даних з різних джерел, таких як GPS, LEO та INS. Фільтр Калмана є механізмом для оптимального злиття даних з декількох джерел.

Висновки з цього дослідження застосовуються в різних секторах, включаючи авіацію, морську навігацію, автономні дрони та оборону. Покращена точність позиціонування може значно підвищити безпеку, точність навігації та оперативну ефективність. Однак дослідження припускає ідеалізовані умови для прийому сигналу супутника, які можуть не завжди бути точними в реальних умовах. Також були висвітлені виклики, такі як воєнний стан в Україні, який впливає на збір даних та потенційні обмеження сигналів супутників. Подальше дослідження може вивчати вплив більш складних навколишніх факторів та інтеграцію додаткових супутникових систем або датчиків для подальшого покращення точності.

Ключові слова: LeGNSS, INS, супутники LEO, БПЛА, багатосупутникова система позиціонування, точне позиціонування, управління безпілотниками.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.290127

РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ З ПЛАВАЮЧОЮ КРАПКОЮ (стор. 11–17)**Луцький Г. М., Долголенко О. М.**

В роботі показано відомий підхід до побудови ядер в багатоядерних мікропроцесорах, що ґрунтується на застосуванні моделі обчислень під керуванням графа потоку даних (data flow). Архітектура таких ядер ґрунтується на застосуванні моделі потоку даних на рівні скороченого набору команд, запропонованої Yale Patt. Об'єктом досліджень є модель обчислень на основі управління потоком даних у багатоядерному мікропроцесорі.

Представлені результати розробки помножувача з плаваючою крапкою, що може динамічно перестроюватися на обробку п'яти різних форматів операндів з плаваючою крапкою та підхід до побудови операційного пристрою додавання-віднімання послідовності чисел з плаваючою крапкою, для якого без додаткових програмних ускладнень виконується закон асоціативності. На основі розробленої схеми помножувача з плаваючою крапкою можливо реалізувати різні варіанти швидкодіючого помножувача як з фіксованою, так і з плаваючою крапкою, що можуть знайти комерційне застосування. Додавши в кожний із сегментів помножувача елементи пам'яті, можливо отримати варіанти побудови дуже швидкодіючих конвеєрних помножувачів. Схема помножувача має обмеження: доданок не обчислюється для денормалізованих операндів, але стандарт на обчислення з плаваючою крапкою не вимагає обов'язкової обробки денормалізованих операндів. В таких випадках помножувач, в якості результатів, упакує нескінченність.

Впровадження між'ядерного операційного пристрою суматора-віднімача з плаваючою крапкою може розглядатися як новий підхід до практичного вирішення завдань динамічного планування при виконанні операцій додавання-віднімання в рамках багатоядерного мікропроцесора. Обмеження його впровадження пов'язані із великою кількістю апаратних затрат, необхідних для реалізації. Для оцінки цієї складності проведена оцінка значення розрядностей основних його блоків для різних форматів представлення чисел з плаваючою крапкою, відповідно до стандарту на плаваючу крапку.

Ключові слова: помножувач з плаваючою крапкою, суперскалярний процесор, закон асоціативності, алгоритм Baugh-Wooley, CISC-RISC.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285986

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТАНІВ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ (стор. 18–21)**Кучук Н. Г., Шишацький А. В., Журавський Ю. В., Стасюк Т. О., Налапко О. Л., Слюсар П. П., Протас Н. М., Шапошнікова О. П., Пронін С. В., Гаврилюк О. Г.**

Наукове завдання, яке вирішується в дослідженні є когнітивне відображення станів системи забезпечення національної безпеки зі складною ієрархічною структурою. Як правило, образи створюються індивідуально з урахуванням конкретної прикладної галузі

та інтерпретуються експертом (групою експертів) на основі накопичених знань. Когнітивне відображення призначене для підтримки прийняття рішень експертом (групою експертів), що здійснює моніторинг та управління в режимі реального часу. Об'єкт дослідження – система забезпечення національної безпеки. Предмет дослідження – функціонування системи забезпечення національної безпеки. В дослідженні проведено розробку методу візуалізації станів системи забезпечення національної безпеки. Здійснено огляд методів образного графічного подання інформації про стан багатовимірних об'єктів та систем.

Новизна запропонованого методу полягає в:

- створенні візуального, багаторівневого та взаємопов'язаного опису системи забезпечення національної безпеки;
 - підвищенні оперативності прийняття рішень при оцінюванні стану системи забезпечення національної безпеки;
 - вирішенні проблеми попадання в глобальний та локальний екстремуми при оцінюванні стану системи забезпечення національної безпеки;
 - поєднанні графічного та числового відображення контрольованих параметрів стану системи забезпечення національної безпеки;
 - уникненні проблеми утворення петель при візуалізації стану системи забезпечення національної безпеки в режимі реального часу.
- Зазначений метод доцільно реалізувати у спеціалізованому програмному забезпеченні, яке використовується для аналізу стану системи забезпечення національної безпеки та прийнятті управлінських рішень.

Ключові слова: графічне та числове відображення, національна безпека, когнітивне моделювання, оперативність прийняття рішень, ієрархічні системи.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289747

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (стор. 22–26)

Гамах О. В., Шишацький А. В., Бабенко В. О., Плугіна Т. В., Дегтярьова Л. М., Шапошнікова О. П., Пронін С. В., Протас Н. М., Стасюк Т. О., Куценко І. С.

Наукове завдання, яке вирішується в дослідженні, є аналіз методів представлення знань в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Проблема пояснюється тим, що форма представлення знань істотно впливає на характеристики та властивості системи. Для того, щоб оперувати всілякими знаннями з реального світу за допомогою комп'ютера, необхідно здійснювати їхнє моделювання. У таких випадках необхідно відрізнити знання, призначені для обробки обчислювальними засобами, від знань, використовуваних людиною. Крім того, при великому обсязі знань бажано спростити послідовне керування окремими елементами знань. Однорідне представлення призводить до спрощення механізму управління логічним висновком та спрощення управління знаннями. Дослідження направлено на аналіз методів представлення знань в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Нині розроблено багато моделей представлення знань. До основних моделей відносяться: логічні моделі; фреймова модель; мережеві моделі (або семантичні мережі); продукційні моделі. Отже, об'єктом дослідження є інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Предметом дослідження є інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Встановлено наступне:

- наведені в дослідженні методи (моделі, підходи) до представлення знань в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень в канонічному вигляді не доцільно використовувати по ряду об'єктивних причин, наведених в підрозділі 3.1 дослідження;
- необхідно провести розробку нових (удосконалення існуючих) представлень знань в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень, які будуть мати переваги даних підходів без їх недоліків.

Напрямок подальших досліджень слід вважати подальше удосконалення зазначених підходів для зменшення кількості недоліків і обмежень їх застосування.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, оперативність, когнітивні моделі, глобальна та локальна оптимізація.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289735

ВИВЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЯКОСТІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ОПЕРАТОРАМИ В АРГЕНТИНІ ТА ПІВДЕННІЙ АМЕРИЦІ (стор. 27–33)

Lucas Kadener, Horacio Repetto, Ana Maria Lopez Libertella, Constanza Moltedo

Це дослідження направлено на збирання інформації про використання моделей досконалості (таких як нагороди за якість) логістичними операторами в Аргентині та сусідніх країнах. Отже, об'єктом дослідження є моделі якості, що використовуються логістичними операторами.

В цілому ці організації, і в основному ті, де логістика є їхньою основною послугою, почали застосовувати стандарти якості пізніше, ніж інші типи організацій, наприклад, у сфері виробництва чи послуг. Це пов'язано з тим, що клієнт не вважає їхню практику діяльністю з доданою вартістю.

Це дослідження показало, що на регіональному рівні ці компанії знаходяться в процесі застосування систем керування якістю, навколишнім середовищем, безпекою дорожнього руху та інших систем керування з пакету ISO (ISO 9001, ISO 14001, ISO 39001 тощо), але використання Моделі досконалості присутнє лише в деяких компаніях, переважно в аргентинських. Примітно, що така поведінка не повторюється в інших країнах регіону (Бразилія, Чилі, Уругвай), де вищезазначені стандарти застосовуються ширше. З іншого боку, деякі країни мають власні стандарти (Аргентина, Бразилія) вантажних перевезень, розроблені їх місцевими палатами, але вони в основному орієнтовані на експлуатаційний аспект їх діяльності.

У цьому дослідженні була зібрана інформація про методологію, пов'язану з якістю та досконалістю, зі 109 компаній, що належать Аргентині, Бразилії, Чилі, Колумбії та Перу. На регіональному рівні модель управління ISO 9001 прийнята 68 % досліджених організацій, за нею слідує ISO 14001, прийнята 30 % організацій, та ISO 45001, прийнята 15 % організацій. На основі висновків цієї роботи існує можливість створення конкретної політики щодо моделей якості для цієї галузі, яка підтримуватиме створення нових стандартів та покращення існуючих. Ця робота може бути відправною точкою для аналізу сценарію в інших регіонах в рамках аналогічних географічних характеристик.

Ключові слова: моделі якості, системи менеджменту, логістичні оператори, національні премії якості.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.289918

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНОЇ ПІДТРИМКИ ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ (стор. 34–39)**Старкова О. В., Бондаренко Д. О., Грабовський Є. М.**

Сьогодні для автоматизації виробничих процесів використовуються сучасні програмно-апаратні засоби інформаційних технологій, починаючи від моделювання технічних розробок і автоматизованих комп'ютерних систем. Це дослідження направлено на опис процесу реалізації програмної підтримки економічного аналізу діяльності підприємства, що дозволить здійснювати розрахунок основних економічних показників та інформативно відображати розраховані дані. Об'єктом дослідження є автоматизована система розрахунку та підтримки основних економічних показників підприємства. Предметом дослідження є методи проектування та розробки бази даних, візуалізації даних та веб-застосунків. Огляд літературних джерел дозволив зробити висновок, що найчастіше для оцінки показників економічної діяльності підприємства застосовуються стандартні технології, які автори адаптують під конкретні економічні задачі. Крім того, аналіз сучасних досліджень не виявив єдиного програмного продукту, який би дозволяв збирати, накопичувати, аналізувати інформацію та здійснювати розрахунок основних показників економічної діяльності підприємства, а також спостерігати за зміною таких показників в динаміці. Автоматизація розрахунку економічних показників, статистичний аналіз та візуалізація даних дає можливість проводити ефективне управління підприємством в сучасних економічних умовах. Розроблена система дозволяє здійснювати аналіз використання основних виробничих фондів; аналіз оборотних коштів; аналіз використання трудових ресурсів; аналіз прибутковості; аналіз фінансової стійкості підприємств. В роботі показано процес розробки функціональної моделі веб-застосунку для автоматизованого розрахунку основних економічних показників, наведені переваги та недоліки роботи з системою управління базами даних PostgreSQL. Наведено структуру розробленої бази даних, яка складається з чотирьох таблиць. Представлено приклад роботи розробленого веб-застосунку.

Ключові слова: програмне забезпечення, веб-застосунок, фінансовий аналіз, автоматизована система, база даних.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.290033

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ FANET НА ЕТАПІ РОЗГОРТАННЯ ТА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ (стор. 40–47)**Беляков Р. О., Фесенко О. Д.**

Об'єктом дослідження є процес керування повітряною мережею комунікаційних аероплатформ класу FANET (Flying Ad-Hoc Network), що є складовою наземно-повітряної комунікаційної мережі, і виконаної на безпілотних літальних апаратах (БПЛА) роторного типу класу міні, на етапі розгортання та оперативного управління. Дослідження направлене на формалізацію процесу управління комунікаційними аероплатформами повітряної комунікаційної мережі під час реалізації задач управління двох класів – класу задач управління переміщенням та класу комунікаційних задач. Проведений аналіз даної предметної області показав, що задачі управління на етапі розгортання та оперативного управління повітряною підмережею являють собою багатопараметричну оптимізаційну задачу, і вимагають формування управляючих рішень на фізичному, каналному та мережевому рівні моделі взаємодії відкритих систем OSI. Задачі, що пов'язані із адаптивним управлінням радіопокриття в зонах (географічних районах місцевості), в тому числі кластеризації наземних абонентів (комунікаційних вузлів) не розглядалися, і стосуються процесів на транспортному та прикладному рівнях. Разом з тим, в роботі показано математичний апарат підходу компенсації відхилень траєкторії польоту КА (БПЛА) в умовах направлених завдань, при цьому це дозволить сформулювати управляючі рішення для адаптивного управління діаграмою направленості на виході передаючого тракту. Така компенсація здійснюється за рахунок прийомів алгоритмічного обміну зондами (повідомленнями) між мобільною базовою станцією та комунікаційними аероплатформами з певною періодичністю – рішення на каналному та мережевому рівні, та використання технологій Multi User MIMO. Ця технологія дозволяє забезпечити інформаційний обмін з кількома клієнтськими пристроями одночасно, а не послідовно, шляхом відправки зондів до кількох КА по одному каналу, використовуючи кілька передавальних та приймальних антен, а розрахунок каналних коефіцієнтів дозволяє здійснити оцінку азимутального та елементарного кутів відхилення.

Ключові слова: наземно-повітряна комунікаційна мережа, FANET, цільові функції, етап розгортання, оперативне управління, оптимізація, прогнозування, динамічна топологія.