



DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259068

ACCURACY ASSESSMENT OF MARKER RECOGNITION USING ULTRA WIDE ANGLE CAMERA

pages 6–10

Svitlana Alkhimova, PhD, Department of Biomedical Cybernetics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9749-7388>, e-mail: alkhimova.svitlana@iill.kpi.ua

Illia Davydovych, Department of Biomedical Cybernetics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9987-8267>

Modern devices that support augmented reality technology are widely used in various fields of human activity, including medicine. Head mounted displays may provide an attractive alternative to traditional surgery navigation systems because allow users to stand at the first point of view and interact with objects in their surroundings naturally. Thus, the object of research in this study is recognition accuracy of fiducial markers in zones where ultra-wide angle camera distort the most. This is motivated by the need to increase user workspace for interaction with markers compare to the workspace provided with such popular augmented reality device as Microsoft HoloLens 2.

In this study, the recognition accuracy is evaluated using ArUco square markers with taking into account different marker sizes and their positions in the camera view space. The marker positions include the center of the camera view space as well as such zones where lenses distort the most as top left, top right, bottom left, and bottom right corners.

Obtained results show that recognition accuracy is good enough to be applicable for surgical navigation and failures referred to the distortion occurs are available in less than 0.2 % of all cases. This gives a possibility to increase workspace for interaction with markers compare to the Microsoft HoloLens 2. At the same time, the workspace for interaction could not reach the actual view space of the camera since recognition fails in cases where marker's body is partially visible in the captured image (i. e., marker position is at the image boundaries).

Keywords: augmented reality, marker recognition, ArUco fiducial markers, recognition accuracy, surgical navigation, ultra-wide angle camera.

References

- Vassallo, R., Rankin, A., Chen, E. C., Peters, T. M. (2017, March). Hologram stability evaluation for Microsoft HoloLens. *Medical Imaging 2017: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment*, 10136, 295–300. doi: <http://doi.org/10.1117/12.2255831>
- Eckert, M., Volmerg, J. S., Friedrich, C. M. (2019). Augmented Reality in Medicine: Systematic and Bibliographic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 7 (4), e10967. doi: <http://doi.org/10.2196/10967>
- Moro, C., Phelps, C., Redmond, P., Stromberga, Z. (2020). HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: A randomised controlled trial. *British Journal of Educational Technology*, 52 (2), 680–694. doi: <http://doi.org/10.1111/bjet.13049>
- Olson, E. (2011). AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system. *2011 IEEE international conference on robotics and automation*, 3400–3407. doi: <http://doi.org/10.1109/icra.2011.5979561>
- Romero-Ramirez, F. J., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R. (2018). Speeded up detection of squared fiducial markers. *Image and Vision Computing*, 76, 38–47. doi: <http://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.05.004>
- Microsoft: Learn about HoloLens 2 features and review technical specs. Available at: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware> Last accessed: 20.05.2022
- Howard, I. P., Rogers, B. J. (1995). *Binocular vision and stereopsis. Oxford psychology series No. 29.* Oxford University Press, 736. doi: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195084764.001.0001>
- Brand, M., Wulff, L. A., Hamdani, Y., Schüppstuhl, T. (2020). Accuracy of Marker Tracking on an Optical See-Through Head Mounted Display. *Annals of Scientific Society for Assembly, Handling and Industrial Robotics*. Vieweg, Berlin, Heidelberg: Springer, 21–31. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-662-61755-7_3
- Thabit, A., Niessen, W. J., Wolvius, E. B., van Walsum, T. (2022). Evaluation of marker tracking using mono and stereo vision in Microsoft HoloLens for surgical navigation. *Medical Imaging 2022: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling*, 12034, 253–262. doi: <http://doi.org/10.1117/12.2607262>
- Zhao, H., Ying, X., Shi, Y., Tong, X., Wen, J., Zha, H. (2020). RDCFace: radial distortion correction for face recognition. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7721–7730. doi: <http://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.00774>
- Miki, D., Abe, S., Chen, S., Demachi, K. (2020). Robust human motion recognition from wide-angle images for video surveillance in nuclear power plants. *Mechanical Engineering Journal*, 7 (3), 19–00533–19–00533. doi: <http://doi.org/10.1299/mej.19-00533>
- Remondino, F., Fraser, C. (2006). Digital camera calibration methods: considerations and comparisons. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36 (5), 266–272. doi: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000158067>
- OpenCV: Tutorials for contrib modules. *Detection of ArUco Markers*. Available at: https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html Last accessed: 20.05.2022
- Liu, X., Plishker, W., Shekhar, R. (2021). Hybrid electromagnetic-ArUco tracking of laparoscopic ultrasound transducer in laparoscopic video. *Journal of Medical Imaging*, 8 (1). doi: <http://doi.org/10.1117/1.jmi.8.1.015001>
- Oščadal, P., Heczko, D., Vysocký, A., Mlotek, J., Novák, P., Virgala, I. et. al. (2020). Improved Pose Estimation of Aruco Tags Using a Novel 3D Placement Strategy. *Sensors*, 20 (17), 4825. doi: <http://doi.org/10.3390/s20174825>
- Luzon, J. A., Stimec, B. V., Bakka, A. O., Edwin, B., Ignjatovic, D. (2020). Value of the surgeon's sightline on hologram registration and targeting in mixed reality. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 15 (12), 2027–2039. doi: <http://doi.org/10.1007/s11548-020-02263-3>
- Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J., Marín-Jiménez, M. J. (2014). Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*, 47 (6), 2280–2292. doi: <http://doi.org/10.1016/j.patcog.2014.01.005>
- Looker, J., Garvey, T. (2015). Reaching for Holograms: Assessing the Ergonomics of the Microsoft™ HoloLens™ 3D Gesture Known as the «Air Tap». *Proceedings from International Design Congress*. Gwangju: KSDS, 504–511.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259069

DEVELOPING AN AUTOMATED SYSTEM FOR COLLECTING VARIOUS INFORMATION IN THE SYSTEM OF COMPLEX ECO-ENERGY-ECONOMIC MONITORING

pages 11–18

Volodymyr Slipchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation of Power Processes and Systems Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3405-0781>

Liubov Poliahushko, PhD, Associate Professor, Department of Automation of Power Processes and Systems Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3287-8523>, e-mail: liubovpoliagushko@gmail.com

Olha Krush, Department of Automation of Power Processes and Systems Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8792-2515>

The study is devoted to the development of a system for the automated collection of primary information coming from different sources and in different formats. The object of the study is the properties of primary information and the processes that occur during its collection in systems of complex monitoring in various directions. One of the most problematic places is that information about the environmental, energy, economic and social state of the region can come from different sources and in different formats. This requires a significant investment of resources and time for the development of blocks in integrated monitoring systems.

In the course of the study, a systematic approach was used when analyzing the structure of sources and formats of information of various types, as well as an analysis method when developing a set of rules for collecting information.

The authors analyzed the structure of different sources and formats of primary information in the systems of environmental, energy, economic and medical monitoring. It has been determined that there is no single database and for conducting a comprehensive analysis it is necessary to collect data from various sources and in different formats, which requires a significant investment of resources and time. Therefore, in the course of the study, an automated system for collecting primary information was developed, which allows creating your own sets of rules for importing data from files of various formats. The proposed system can be integrated into large monitoring systems instead of an information collection unit. For example, the module for collecting primary information of the integrated eco-energy-economic monitoring system successfully uses the developed automated system to collect information that is necessary for analysis, modeling and forecasting of the territory by specialists of various profiles, namely: environmentalists, power engineers, economists and medical workers. This made it possible to reduce the total time for the development of a comprehensive eco-energy-economic monitoring system, as well as to increase the accuracy and timeliness of obtaining information during the operation of the monitoring system.

Keywords: automated system, information collection, set of rules, expert system, complex eco-energy-economic monitoring.

References

1. *Pro systemu prohnozuvannia henetychnoho ryzkyu vprovadzhennia novykh tekhnolohii ta zabrudnennia navkolyshnoho seredovyshcha* (1995). Ukaz Prezydenta Ukrainy No. 53/95. 17.01.1995. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53/95#Text>
2. Slipchenko, V. H., Poliahushko, L. H., Krush, O. Ye. (2021). Systema kompleksnoho eko-enerho-ekonomichnoho monitorynhu dlia optymizatsii upravlynskykh rishen (oblasti, raionu ta mista). *Visnyk Shhidnoukrajinskoho Natsionalnoho Universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 4 (268), 13–20. doi: <http://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-13-20>
3. *Avtomatyzovana systema enerhomonitorynhu «Kyivshchyna enerhoefektyvna»*. Available at: <https://cem.drrzkg-koda.gov.ua/c=kodaenergo>
4. *Riven zabrudnennia atmosferoho povitria u misti Kyiv*. SaveEcoBot. Available at: <https://www.saveecobot.com/maps/kyiv>
5. *Avtomatyzovana systema enerhomonitorynhu (ASEM)*. Available at: <https://asem.com.ua>
6. *Informatsiina systema enerhetychnoho monitorynhu (ISE)*. Available at: https://www.fiatu.com.ua/it-technology/e_monitoring/
7. *A single solution to rule all. Vista Data Vision (VDV)*. Available at: <https://vistadatavision.com/about-us/>
8. *«AirQ+: prohramnyi zasib dlia otsinky ryzkyu dlia zdorovia vid zabrudnennia povitria»*. Available at: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>
9. *FFI: A software tool for ecological monitoring*. Available at: https://www.ltrr.arizona.edu/~ellisqm/outgoing/Rowe_Mesa_2014/Monitoring/monitoring_guidelines/monitoring/FFI%20software/FFI_Overview.pdf
10. *Vsiu ekolohichnu informatsiiu v Ukraini bude zvedeno v yedynu elektronnu bazu «Vidkryte dokillia»* (2018). Available at: <https://mepr.gov.ua/news/32870.html>
11. *Dostup do ekolohichnoi informatsii*. Available at: <https://www.zakon-i-normativ.info/index.php/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=157271&menu=267259>
12. *Derzhavne pidpriemstvo «Derzhavnyi tsentr informatsiinykh resursiv Ukrainy»*. Available at: <https://dir.gov.ua/>
13. *Open Access Environment*. Available at: <https://openaccess.org.ua>
14. *Ahrokhimichna karta Ukrainy*. Available at: <https://superagronom.com/karty/agrokhimichna-karta-ukrainy>
15. Ogidan, E. T., Dimililer, K., Ever, Y. K. (2018). Machine Learning for Expert Systems in Data Analysis. *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*. doi: <http://doi.org/10.1109/ismsit.2018.8567251>
16. *Rukhaiemos u maibutnie bazuemos na dosvidi*. Available at: <https://vodokanal.kiev.ua/>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259139

RESEARCH OF METHODS FOR DETERMINING THE ACCURACY OF METROLOGICAL MEASUREMENTS

pages 18–23

Andrii Kozhevnikov, Department of Computer Science, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, e-mail: andrii.kozhevnikov@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5498-2826>

Nataliya Bilous, PhD, Professor, Department of Computer Science, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8850-9316>

The object of research in this work are individual branches and processes of metrology, namely algorithms and methods of global positioning, analysis and research of individual processes, and their implementation in the software model to analyze their accuracy. The existing problem is that some methods or devices that produce results based on these methods are not accurate enough or their accuracy is affected by a number of factors that worsen the result.

During the work the methods and approaches of the global positioning system were analyzed, such as: precise point positioning, relative positioning of GPS, static and fast static GPS-shooting and Stop-and-go shooting. Approaches were also divided into static and kinematic. Among the methods, the method of precise point positioning was chosen, as the most common and used among ordinary GPS users, for more detailed research and analysis of accuracy. Development methods are based on the means of interaction with open GPS services, and C#, ASP.NET Core, Angular framework, and development environment Visual Studio Code and Visual Studio 2022.

In order to implement all the necessary functionality, the subject area was analyzed, the methods of determining metrological accuracy in general and within the system of global positioning as a direct object of work were considered. As a result of the work the analysis and modelling of the subject area was carried out, the methods of the global positioning system and the software system for the analysis of the accuracy of one of the GPS methods were investigated. The analysis results provided by the software help to understand the accuracy of the method and the GPS receivers that use it on different devices.

Keywords: metrological measurements, global positioning system, precise point positioning, .NET, Angular.

References

- Bilous, N., Malkina, V. (2015). Methods of measuring sunflower seed sampling indicators on the basis of classification by geometric invariants. *Systemy obrobky informatsii*, 2 (127), 118–120. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/soi_2015_2_33.pdf
- What is metrology? Celebration of the signing of the Metre Convention, World Metrology Day 2004 (2004). BIPM. Available at: <https://web.archive.org/web/20110927012931/http://www.bipm.org/en/convention/wmd/2004/>
- Isinkaye, F. O., Folajimi, Y. O., Ojokoh, B. A. (2015). Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 16 (3), 261–273. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.005>
- Howell, E. (2018). *Navstar: GPS Satellite Network*. Available at: <https://www.space.com/19794-navstar.html>
- GPS Accuracy. GPS.gov. Available at: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy>
- Belous, N., Kobzar, G. (2009). Fast Curvature scale-Space Representation Construction for Time-critical Shape Recognition. *Iskusstvennyi intellect*, 3, 357–366. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/8122/44-Belous.pdf>
- National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing. GPS.gov. Available at: <https://www.gps.gov/governance/excom/nco/>
- Li, J., Wu, M. (2009). A Positioning Algorithm of AGPS. *2009 International Conference on Signal Processing Systems*. IEEE. Singapore, 192. doi: <http://doi.org/10.1109/icsps.2009.80>
- Secure your site with HTTPS. Google Support. Google Inc. Available at: <https://developers.google.com/search/docs/advanced/security/https>
- Dustin, E., Rashka, J., Paul, J. (1999). *Automated Software Testing – Introduction, Management, and Performance*. Addison-Wesley, 43–44.
- Crease, R. P. (2011). *Metrology in the balance*. Physics World. Institute of Physics. Available at: <https://physicsworld.com/a/metrology-in-the-balance/>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257862

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF ROUTING IN NETWORKS OF SPECIAL COMMUNICATION IN THE CONDITIONS OF FIRE DAMAGE AND RADIO ELECTRONIC FLOW

pages 24–28

Oleg Sova, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Department of Automated Control Systems, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>, e-mail: soy_135@ukr.net

The object of research is a system of special communication. Decision making support systems (DMSS) are actively used in all spheres of human life. They are especially common in the processing of large data sets, forecasting processes, providing information support in the decision-making process by decision-makers. Systems of analysis of information transmission in special purpose radio communication systems are no exception. However, there are a number of problems in the transmission of information, namely: the transmission of information takes place in a complex electronic environment against the background of intentional and natural interference; elements of the radio communication system are the objects of primary fire damage due to high radio visibility for radio intelligence. The best solution in this situation is to integrate with the data of the information system analysis of the electronic environment, artificial neural networks and the ant algorithm. Their advantage is also the ability to work in real time and quickly adapt to specific situations. Therefore, in this paper the methodological principles of routing in special communication networks in the conditions of fire damage and electronic suppression are developed.

Improving the efficiency of information processing (reducing error) evaluation is achieved through the use of evolving neuro-fuzzy artificial neural networks; learning not only the synaptic weights of the artificial neural network, but also the type and parameters of the membership function. Efficiency of information processing is also achieved through training in the architecture of artificial neural networks; taking into account the type of uncertainty of the information to be assessed; synthesis of rational structure of fuzzy cognitive model. It reduces the computational complexity of decision-making; absence of accumulation of an error of training of artificial neural networks as a result of processing of the information arriving on an input of artificial neural networks. The approbation of the use of the offered technique on the example of the estimation of information transfer in the conditions of influence of destabilizing factors is carried out.

This example showed an increase in the efficiency of evaluation at the level of 15–25 % on the efficiency of information processing.

Keywords: artificial intelligence, electronic environment, intelligent systems, decision making support systems.

References

1. Brownlee, J. (2011). *Clever algorithms: nature-inspired programming recipes*. LuLu, 441.
2. 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: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
3. 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: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
4. 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.
5. Tymchuk, S. (2017). Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring. *Path of Science*, 3 (3), 4.1–4.9. doi: <http://doi.org/10.22178/pos.20-4>
6. Sokolov, K. O., Hudyma, O. P., Tkachenko, V. A., Shyiatyi, O. B. (2015). Main directions of creation of IT infrastructure of the Ministry of Defense of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen*, 3 (6), 26–30.
7. Shevchenko, D. (2020). The set of indicators of the cyber security system in information and telecommunication networks of the armed forces of ukraine. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 38 (2), 57–62. doi: <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-57-62>
8. Makarenko, S. I. (2017). Perspektivy i problemnye voprosy razvitiia setei svyazi spetsialnogo naznacheniia. *Sistemy upravleniia, svyazi i bezopasnosti*, 2, 18–68. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf>
9. Zuiev, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
10. Rybak, V. A., Akhmad, Sh. (2016). Analiticheskii obzor i sravnenie sushchestvuiushchikh tekhnologii podderzhki priniatiia reshenii. *Sistemnyi analiz i prikladnaia informatika*, 3, 12–18.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259906

PROPERTY ANALYSIS OF MULTIVARIATE CONDITIONAL LINEAR RANDOM PROCESSES IN THE PROBLEMS OF MATHEMATICAL MODELLING OF SIGNALS

pages 29–32

Mykhailo Fryz, PhD, Associate Professor, Department of Computer Science, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: mykh.fryz@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8720-6479>

Bogdana Mlynko, PhD, Associate Professor, Department of Computer Science, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0780-5365>

The object of research is the process of mathematical modelling of a multidimensional random signal, which in the structure of its generation is the sum of a large number of random impulses that occur at random times. Examples of stochastic signals of this type can be, in particular, electroencephalographic and cardiographic signals, photoplethysmography signals, resource consumption processes (electricity, gas, water consumption), radar signals, vibrations of bearings of electric machines and others.

A common mathematical model (especially in the multidimensional case) of this type of signal is a linear random process that allows the signal to be represented as the sum of a large number of stochastically independent random impulses that occur at Poisson moments. If the impulses are stochastically dependent (or the moments of time of their appearance are not Poisson), then the mathematical model is a conditional linear random process. The definition and analysis of the probabilistic properties of such processes for the multidimensional case have not been conducted.

The paper defines a multidimensional conditional linear random process, each component of which is represented as a stochastic integral of a random kernel driven by a process with independent increments. Expressions for the characteristic function and moment functions of the specified process are obtained. The approach used was to use the mathematical apparatus of conditional characteristic functions, as well as the known representation of an infinitely divisible characteristic function of a linear random process as a functional of a process with independent increments.

The obtained results provide a possibility for theoretical analysis of probabilistic properties of multichannel stochastic signals, the mathematical model of which is a multidimensional conditional linear random process. Justification of their properties of stationarity or cyclostationarity, which are the consequence of corresponding properties of the kernel and process with independent increments, can be carried out.

Keywords: multivariate signal, conditional linear random process, stochastic integral, characteristic function, mathematical expectation, covariance function.

References

1. Zvaritch, V., Mislovitch, M., Martchenko, B. (1994). White noise in information signal models. *Applied Mathematics Letters*, 7 (3), 93–95. doi: [http://doi.org/10.1016/0893-9659\(94\)90120-1](http://doi.org/10.1016/0893-9659(94)90120-1)
2. Babak, V. P., Babak, S. V., Zaporozhets, A. O., Myslovykh, M. V., Zvaritch, V. M. (2020). *Methods and Models for Information Data Analysis*. Diagnostic Systems For Energy Equipments. Volume 281 of Studies in Systems, Decision and Control. Cham: Springer, 23–70. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-44443-3_2
3. Fryz, M., Scherbak, L., Karpinski, M., Mlynko, B. (2021). Characteristic Function of Conditional Linear Random Process. *Proceedings of the 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems*. Ternopil, 129–135.
4. Fryz, M. (2017). Conditional linear random process and random coefficient autoregressive model for EEG analysis. *Proceedings of the 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering*. Kyiv, 305–309. doi: <http://doi.org/10.1109/ukrcon.2017.8100498>
5. Pierre, P. A. (1971). Central Limit Theorems for Conditionally Linear Random Processes. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 20 (3), 449–461. doi: <http://doi.org/10.1137/0120048>
6. Iwankiewicz, R. (1995). *Dynamical mechanical systems under random impulses*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. doi: <http://doi.org/10.1142/2767>

7. Demei, Y., Lan, L. (2016). Some results following from conditional characteristic functions. *Communications in Statistics – Theory and Methods*, 45 (12), 3706–3720. doi: <http://doi.org/10.1080/03610926.2014.906614>
8. Bulinski, A. V. (2017). Conditional central limit theorem. *Theory of Probability & Its Applications*, 61 (4), 613–631. doi: <http://doi.org/10.1137/s0040585x97t98837x>
9. Grzenda, W., Zieba, W. (2008). Conditional central limit theorem. *International Mathematical forum*, 3, 31, 1521–1528.
10. Napolitano, A. (2016). Cyclostationarity: New trends and applications. *Signal Processing*, 120, 385–408. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sigpro.2015.09.011>
11. Marchenko, B. G. (1973). *Metod stokhasticheskikh integralnykh predstavlenii i ego prilozhenia v radiotekhnike*. Kyiv: Naukova dumka, 192.
12. Barndorff-Nielsen, O. E., Benth, F. E., Veraart, A. E. D. (2018). *Ambit Stochastics*. Springer Nature Switzerland AG. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-94129-5>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259792

SUBSTANTIATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF PROMISING HIGH-SPEED MULTI-BAND BROADBAND MILITARY RADIO STATIONS

pages 33–35

Oleksandr Symonenko, PhD, Senior Lecturer, Department of Automated Control Systems, Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, e-mail: lokalyt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8511-2017>

The issue of improving the technical characteristics of promising high-speed multi-band broadband military radios is an important issue. It happens because of the increase in the number of devices of communication in information and telecommunication networks, as well as the growing requirements for the level of technical characteristics of these devices. Given the above, the object of the research is a promising high-speed multi-band broadband military radios. The subject of the research is the technical characteristics of promising high-speed multi-band broadband military radios. In the course of the research, classical methods of analysis and synthesis were used. The research analyzes global trends in the construction and development of wireless access networks, which allows concluding on the prospects of development (purchase) and implementation of high-speed multi-band broadband military radios for the Armed Forces of Ukraine. The results of the analysis of characteristics and parameters of high-speed multi-band broadband radio stations of the world's leading countries allow to determine the main features and requirements for promising radios, as well as to substantiate the use of high-speed radio stations in the Armed Forces of Ukraine. The conditions and factors influencing the possibilities of using promising broadband radio stations in the conditions of modern wars and armed conflicts are determined. The analysis allows to conclude that broadband radio access systems will be used to organize access to information resources in the information and telecommunications environments of network-centric and information wars.

Keywords: radioelectronic environment, network-centric war, multi-band radio stations, technical characteristics.

References

1. Shishatchii, A. V., Bashkirov, O. M., Kostina, O. M. (2015). Rozvitok integrovanikh sistem zv'iazku ta peredachi danikh dlia potreb Zbroinikh Sil. *Naukovo-tekhnichnii zhurnal «Ozbroennia ta viiskova tekhnika»*, 1 (5), 35–40.
2. Tymchuk, S. (2017). Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring. *Path of Science*, 3 (3), 4.1–4.9. doi: <http://doi.org/10.22178/pos.20-4>
3. Sokolov, K. O., Hudyma, O. P., Tkachenko, V. A., Shyiatyi, O. B. (2015). Osnovni napriamy stvorennia IT-infrastruktury Ministerstva oborony Ukrainy. *Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen*, 3 (6), 26–30.
4. Shevchenko, D. H. (2020). The set of indicators of the cyber security system in information and telecommunication networks of the armed forces of Ukraine. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 38 (2), 57–62. doi: <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-57-62>
5. Makarenko, S. I. (2017). Perspektivy i problemnye voprosy razvitiia setei sviazi spetsialnogo naznachenia. *Sistemy upravleniia, sviazi i bezopasnosti*, 2, 18–68.
6. Zuiev, P., Zhyvotovskyyi, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
7. Brownlee, J. (2011). *Clever algorithms: nature-inspired programming recipes*. LuLu, 441.
8. 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: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>
9. Meleshko, Y., Driev, O., Driev, H. (2020). Method of identification bot profiles based on neural networks in recommendation systems. *Advanced Information Systems*, 4 (2), 24–28. doi: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>
10. Rybak, V. A., Akhmad, Sh. (2016). Analiticheskii obzor i sravnenie sushchestvuiushchikh tekhnologii podderzhki priniatiia reshenii. *Sistemnyi analiz i prikladnaia informatika*, 3, 12–18.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260245

OVERVIEW OF METHODS AND MEANS OF IMPLEMENTATION OF INFORMATION AND MEASURING COMPONENTS CYBER-PHYSICAL SYSTEMS FOR ELECTROMAGNETIC PROBING

pages 36–40

Ihor Buchma, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Computerized Automatic Systems, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3477-2805>

Mykhailo Voichenko, Postgraduate Student, Department of Computerized Automatic Systems, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: voychenko.333@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-8194>

The object of research is cyber-physical systems for the study of inhomogeneous environments, in particular, such as land and water depths, in order to find in them the leading bodies. One of the most problematic places in the creation of such systems is a highly sensitive meter of small phase shifts with a low sensitivity threshold.

During the study, a review of methods for achieving a low threshold of sensitivity to phase shift. The main one is the method of converting the phase shift into the amplitude modulation coefficient. The implementation of the method is based on the sum-difference transformation with the preliminary introduction of the quadrature phase shift between the signals. The results concerning the methods of solving the following problems are obtained:

- increasing the temperature stability of the quadrature phase shifter;
- reducing the non-identity of the transmission coefficients of the sum-difference scheme channels;
- allocation of the amplitude of the amplitude-phase-modulated signal at low ratios of the frequencies of the input signals and switching.

The first problem is partially solved by dividing the quadrature phase shifter into two equal halves, placed in different channels, with approximately the same phase temperature coefficients. The second problem is also solved by manual calibration before measurement. The most difficult task is to extract the bypass from the amplitude-phase-modulated signal, in which the carrier frequency is only several times greater than the bypass. The difficulty is that the detection produces combinational frequencies due to phase modulation. Therefore, it is difficult to separate them. Several methods of allocating the bypass, if the frequency of the input signals is fixed, are considered. This allows to get the sensitivity threshold ($1 \cdot 10^{-4} \div 3 \cdot 10^{-5}$) of advice. Reducing the operating frequency of the signals increases the depth of research, but increases the impact of flicker noise. The minimum frequency is 10 Hz. Therefore, these methods are not suitable for frequencies of Hz units. Methods to reduce the impact of flicker noise will be considered in another paper.

Keywords: eddy current method, phase shift measurement, harmonic signal, low frequencies, threshold sensitivity.

References

1. Håkansson, A., Saad, A., Anand, A., Gjørum, V., Robinson, H., Seel, K. (2021). Robust Reasoning for Autonomous Cyber-Physical Systems in Dynamic Environments. *Procedia Computer Science*, 192, 3966–3978. doi: <http://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.171>
2. Lu, B.-N., Lähde, T. A., Lee, D., Meißner, U.-G. (2016). Precise determination of lattice phase shifts and mixing angles. *Physics Letters B*, 760, 309–313. doi: <http://doi.org/10.1016/j.physletb.2016.06.081>
3. Lei, H., Huang, Y., Jiang, L., Gao, G., Zhang, J., Wu, P. (2022). Research on Fourier and Prony analysis algorithm of inter-harmonic in power system. *Energy Reports*, 8, 728–737. doi: <http://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.204>
4. Gula, I. V. (2011). Rozrobka metodu vimiruvannia fazovikh zsuviv signaliv. *Visnik Khmelnitckogo natsionalnogo universitetu. Tekhnichni nauki*, 5, 159–161.
5. Wu, Z., Guo, W., Zhang, Q. (2022). Two-frequency phase-shifting method vs. Gray-coded-based method in dynamic fringe projection profilometry: A comparative review. *Optics and Lasers in Engineering*, 153, 106995. doi: <http://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2022.106995>
6. Pozar, D. M. (2012). *Microwave Engineering*. Wiley, 752.
7. Behnam, H., Ohtsuki, S., Tanaka, M. (1998). Phase correction on ultrasound speed measurement. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 19 (2), 141–150. doi: <http://doi.org/10.1250/ast.19.141>
8. Lameko, A. L. (2019). Variational method of measuring angular phase difference. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2, 88–92. doi: <http://doi.org/10.15407/techned2019.02.088>
9. Kondratov, V. T. (1984). *Algoritmicheskie metody izmereniia mgnovennykh znachenii fazovogo sdviga infranizkochastotnykh signalov*. Kyiv, 40.
10. Buchma, I. M., Vzhushchak, M. (2003). Vplyv fliker-shumu v trakti nesuchoi chastoty nyzkochastotnoho kanalu tovshchynomira stalevykh lystovykh konstrukttsii. *Metody i prylady kontroliu yakosti*, 10, 24–27.
11. Miziuk, L. Ia., Podzharii, V. M., Protc, R. V. (1971). *Izmerenie invariantov magnitnogo polia pri eletrorazvedke*. Kyiv: Naukova dumka, 231.
12. Buchma, I. (2017). Measurement of Phase Shift between the harmonic signals using binary sampling. *Computer Printing Technologies*, 1 (37), 78–91.
13. Skripnik, Iu. A. (1971). *Metody vydeleniia izmeritelnoi informacii iz garmonicheskikh signalov*. Kyiv: Naukova dumka, 276.
14. Skripnik, Iu. A., Nizhenskii, A. D. (1964). O vybore chastoty pitaniia avtomaticheskogo kvaziuravnovesnennogo mosta s diferencialnym indikatorom. *Izvestiia vuzov. Priborostroenie*, 5, 14–22.
15. Buchma, I. M. (2008). *Zasoby vymiruvannia induktyvnoi elektrovozidky ta vykhrostrumovoi diahnostyky*. Lviv: Lvivska politehnika, 294.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259898

DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE SUPPORT OF COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGY OF COMPLEX OF SECONDARY CONDENSATION OF AMMONIA PRODUCTION

pages 41–44

Anatoliy Babichenko, PhD, Associate Professor, Department of Automation Engineering Systems and Environmental Monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8649-9417>

Ihor Lysachenko, PhD, Associate Professor, Department of Automation Engineering Systems and Environmental Monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3723-8587>

Yana Kravchenko, PhD, Department of Automation Engineering Systems and Environmental Monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6311-8060>

Juliya Babichenko, PhD, Associate Professor, Department of Thermal Engineering and Heat Engines, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5345-7595>

Igor Krasnikov, PhD, Associate Professor, Department of Automation of Technological Systems and Environmental Monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: ikligor@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7663-1816>

Oleksii Shutynskyyi, PhD, Associate Professor, Department of Automation Engineering Systems and Environmental Monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4288-9309>

The object of research is the technological complex of secondary condensation (TCSC) and the control system of a typical ammonia synthesis unit of the AM-1360 series.

The analysis of the conditions of its functioning and hardware and technological design was carried out. The coordinates of the control vector are determined. The features of the proposed functional diagram and the necessary algorithmic software for the computer-integrated control technology of the TCSC with a correction subsystem for decision-making under uncertainty are established. The implementation of the proposed solutions is complicated by the use of the information and control complex TDC-300 (USA) with closed-type software installed on the existing ammonia synthesis units. The need for such a control complex to implement a decision-making subsystem under conditions of uncertainty is shown to supplement the existing control system with hardware and software of an «open» type.

A computer-integrated TCSC technology based on a three-level hierarchical structure has been created. The implementation of the zero and first levels of such a structure form single software and hardware complex consisting of a programmable logic controller and an automated operator's workplace based on an industrial computer with installed software. A software implementation of decision-making on the correction of the coordinates of the control vector by additional hardware and software based on the VIPA logic controller and the Zenon SCADA system was made. A scheme of network information flows has been implemented, which illustrates the functioning of the decision-making correction subsystem in the general structure of the TCSC computer-integrated control technology.

Implementation of the developed system allows, under the existing uncertainties, to reduce the secondary condensation temperature by an average of 3 °C, which ensures an annual reduction in natural gas consumption by 1 million nm³. The proposed approach to the possibility of combining «open» and «closed» type hardware and software can be applied in other industries.

Keywords: ammonia production, secondary condensation, energy efficiency, computer-integrated technology, hardware and software.

References

- Babichenko, A., Velma, V., Babichenko, J., Kravchenko, Y., Krasnikov, I. (2017). System analysis of the secondary condensation unit in the context of improving energy efficiency of ammonia production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (86)), 18–26. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96464>
- White, S. D., O'Neill, B. K. (1995). Analysis of an improved aqua-ammonia absorption refrigeration cycle employing evaporator blowdown to provide rectifier reflux. *Applied Energy*, 50 (4), 323–337. doi: [http://doi.org/10.1016/0306-2619\(95\)98802-9](http://doi.org/10.1016/0306-2619(95)98802-9)
- Ladaniuk, A. P., Ladaniuk, O. A., Boiko, R. O., Ivashchuk, V. V., Kronikovskiy, D. O., Shumyhai, D. A. (2015). *Suchasni metody avtomatyzatsii tekhnolohichnykh ob'ektiv*. Kyiv: Inter Lohistyk Ukraina, 408.
- Ladaniuk, A. P., Reshетиuk, V. M., Kyschenko, V. D., Smitiukh, Ya. V. (2014). *Innovatsiini tekhnolohii v upravlinni skladnykh biotekhnolohichnykh ob'ektamy ahropromyslovoho kompleksu*. Kyiv: Tsentr uchb. lit., 279.
- Zgurovsky, M., Pankratova, N. (2022). *System Analysis & Intelligent Computing, Theory and Applications*. Springer, 432. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-030-94910-5>
- Babichenko, A. K., Podustov, M. O., Kravchenko, Ya. O., Krasnikov, I. L. (2020). Enerhoefektyvna komp'uterno-intehrovna tekhnolohiia keruvannia protsessom vtorynnoi kondensatsii vyrobnytstv amiaku. *Colloquium-journal*, 2 (54), 8–11. doi: <http://doi.org/10.24411/2520-6990-2020-11285>
- TDC 3000 Architecture. Available at: <https://www.eeeguide.com/tdc-3000-architecture/>
- Mahmoud, M. S., Sabih, M., Elshafei, M. (2015). Using OPC technology to support the study of advanced process control. *ISA Transactions*, 55, 155–167. doi: <http://doi.org/10.1016/j.isatra.2014.07.013>
- Boiko, O. A., Golinko, A. A., Protchenko, S. N. (2014). *Vozmozhnosti vzaimodeistviia SCADA sistemy zenon s vneshnim programmnyim obespecheniem*. Available at: <https://www.copa-data.com.ua/podderzhka/informatsionnye-materialy/statii-i-publikatsii/vozmozhnosti-vzaimodeistviya-scada-sistemy-zenon-s-vneshnim-programmnyim-obespecheniem>
- Erciyes, K. (2019). *Distributed Real-Time Systems: Theory and Practice*. Springer, 359.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260488

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TRAFFIC CONDITIONS ON THE AVAILABILITY OF TRANSPORT SERVICES OF THE CITY BUS ROUTE

pages 45–50

Volodymyr Vdovychenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: vval2301@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2746-8175>

Igor Ivanov, PhD, Associate Professor, Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0336-6513>

Serhii Pidlubnyi, Postgraduate Student, Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4840-7363>

The object of research is the influence of the conditions for the implementation of technological trip operations in the implementation of the priority movement of urban passenger transport on the bus route on the level of accessibility of the transport service. On the basis of the developed contour of information communication, a typical procedure for establishing the parameter for assessing the availability of a transport service, depending on the time indicators of traffic on the route, is singled out. As a controlled parameter that determines the conditions for increasing the availability of a transport service, the trip time and the range of deviations in the arrival of buses to the stopping point are singled out. Implemented on the basis of simulation modeling, the procedure for establishing the correspondence between the time parameters of the departure of buses from the stopping point and the formation of demand made it possible to establish patterns of changes in the level of accessibility of the transport service depending on the traffic conditions on the route.

In the course of field observations along route No. 115 «Gagarin avenue metro station – Nesterov street» (Kharkiv,

Ukraine) it was found that the introduction of free traffic conditions that meet the conditions of the priority of urban passenger transport can reduce the duration of the trip by 5 min and reduce the range of deviation of the arrival of buses to the stopping point by 4 min. On the basis of experimental studies, it was found that by reducing the duration of the trip from 32 min up to 27 min it is possible to increase the value of the transport service accessibility indicator by 20.5 %. When organizing traffic according to a schedule, it is possible to increase the indicator of the availability of transport services up to 0.679 (by 6.8 %). The introduction of priority traffic on route No. 115e allows reducing the trip time to 22–27 min, which will positively affect the indicator of the availability of transport services (increase to 0.803 in traffic without a schedule and up to 0.880 in compliance with the traffic schedule). Reducing the range of bus arrival deviations in the range from –1 min up to +2 min allows increasing the level of accessibility of transport services under normal conditions from 6.8 % to 13.3 %, and with the introduction of priority traffic – from 15.4 % to 18.3 %.

Keywords: urban passenger transport, availability of transport services, bus arrival, service quality.

References

- Gao, Y., Kenworthy, J. R., Newman, P., Gao, W. (2018). Transport and Mobility Trends in Beijing and Shanghai: Implications for Urban Passenger Transport Energy Transitions Worldwide. *Urban Energy Transition*, 205–223. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-08-102074-6.00025-5>
- Bast, H., Delling, D., Goldberg, A., Müller-Hannemann, M., Pajor, T., Sanders, P., Werneck, R. (2016). Route planning in transportation networks. *Algorithm engineering*. Springer, 19–80. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-319-49487-6_2
- Gkiotsalitis, K., van Berkum, E. C. (2020). An analytic solution for real-time bus holding subject to vehicle capacity limits. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 121, 102815. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102815>
- Novikov, A. N., Eremin, S. V., Eroshok, I. D. (2020). Optimizatsiia rezhimov dvizheniia avtobusov na gorodskom marshrute. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 1 (68), 87–93.
- Manasra, H., Toledo, T. (2019). Optimization-based operations control for public transportation service with transfers. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 105, 456–467. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trc.2019.06.011>
- Rudzinskiy, V. V., Shumliakivskiy, V. P. (2016). Pidvyshchennia serednoi tekhnichnoi shvydkosti rukhu miskykh marshrutnykh avtobusiv. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 6, 261–266.
- Saif, M. A., Zefreh, M. M., Torok, A. (2018). Public Transport Accessibility: A Literature Review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47 (1), 36–43. doi: <http://doi.org/10.3311/pptr.12072>
- Vdovychenko, V., Ivanov, I.; Ponomarenko, V., Rayevnyeva, O., Yermachenko, V. (Eds.) (2021). The structure of inter-level coordination of parameters for assessing the quality of public transport services. *Conceptual and model support for the development of an innovative-active university*. Boston: Primedia eLaunch, 377.
- Moroz, M., Korol, S., Moroz, O., Marchenko, D., Yepifanova, O. (2018). Socio-economic support for passenger transport of general use. *Visnyk Shkhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 1 (242), 100–105.
- Vdovychenko, V. (2017). Development of a model for determining the time parameters for the interaction of passenger transport in a suburban transport and transfer terminal. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (2 (35)), 41–46. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105351>
- Taran, I. O., Lytvyn, V. V. (2019). Methods to calculate and evaluate the efficiency of combined traffic mode in the context of urban bus routes. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu*, 85, 93–106.
- Xie, F., Sudhi, V., Rub, T., Purschwitz, A. (2021). Dynamic adapted green light optimal speed advisory for buses considering waiting time at the closest bus stop to the intersection. *27th ITS World Congress*. Hamburg, 1–10.
- Averyanov, Y., Golenyaev, N., Giniyatullin, I. (2020). Method for the organization of non-stop passage of public transport through a controlled intersection. *Transportation Research Procedia*, 50, 28–36. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.004>
- Bilichenko, V. V., Tsymbal, S. V., Kreschenetsky, V. L., Lanovy, R. S., Shpirko, D. A. (2018). The application of express mode of traffic on urban routes of passenger traffic in large and medium-sized cities. *Naukovi notatky*, 62, 40–43.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260346

ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF MODERN SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

pages 51–56

Oleksandr Trotsko, PhD, Associate Professor, Department of Automated Control Systems, Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine, e-mail: s.trockiy@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7535-5023>

Nowadays, the satellite segment in telecommunications occupies an important place and provides positioning of the global coverage system. However, the development of satellite technologies, compared to terrestrial wireless technologies, is slow. For example, the new DVB-S2 (Digital Video Broadcasting via Satellite) satellite standard contains a small number of improvements and refinements over the previous DVB-S standard. The main improvements are the introduction of codes with low density of LDPC (Low Density Parity Check) and the introduction of adaptive modulation and coding. Given the above, the object of research is modern satellite communication system. The subject of the research is the way to increase the efficiency of modern satellite communication systems. The research aims to analyze the feasibility of using a number of effective technologies in modern wireless systems, such as OFDM, UWB and MIMO, in satellite communication systems. The implementation of the considered options for the use of MIMO technology in satellite communication systems will increase the bandwidth and efficiency of these systems. However, there is a need for additional research to adapt this technology in satellite communication systems. Thus, the analysis allows forming the main directions of improving the efficiency of modern satellite communication systems. This analysis allows:

- to formulate new approaches to increase the efficiency of modern satellite communication systems;
- to substantiate new technological solutions for the construction of transceivers of satellite communication systems;
- to identify possible areas of research to improve the efficiency of modern satellite communication systems.

Keywords: satellite communication systems, electronic environment, special purpose information and telecommunication system.

References

- Shyshatskiy, A. V., Bashkyrov, O. M., Kostyna, O. M. (2015). Rozvytok intehrovanykh system zviazku ta peredachi danykh dlia potreb Zbroinykh Syl. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Ozbroienna ta viiskova tekhnika»*, 1 (5), 35–40.
- 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
- Bodianskiy, E. V., Strukov, V. M., Uzlov, D. Yu. (2017). Generalized metrics in the problem of analysis of multidimensional data with different scales. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl*, 3 (52), 98–101.
- 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: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>
- Zuiev, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>
- Shyshatskiy, A., Zvieriev, O., Salmikova, 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: <http://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>
- Trotsenko, R. V., Bolotov, M. V. (2014). Protsess yzvlachenya daniikh yz raznotypnykh ystochnykov. *Pryvolzhskiy nauchnii vestnyk*, 12-1 (40), 52–54.
- Rotshtein, A. P. (1999). *Yntellektualnie tekhnolohyy ydentyfikatsyy: nechetykye mnozhestva, henetycheskye alhorytmi, neironnie sety*. Vynnytsa: UNYVERSUM, 320.
- 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: <http://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-1-97-106>
- Zahranovskaia, A. V., Eissner, Yu. N. (2017). Modelyrovanye stsenaryev razvytyia ekonomycheskoi sytuatsyy na osnove nechetyklykh kohnytyvnykh kart. *Sovremennaia ekonomika: problemy y resheniya*, 10 (94), 33–47. doi: <http://doi.org/10.17308/meps.2017.10/1754>
- Simankov, V. S., Putiato, M. M. (2013). Issledovanie metodov kognitivnogo analiza. *Sistemnyi analiz, upravlenie i obrabotka informatsii*, 13, 31–35.
- Onykyi, B., Artamonov, A., Ananieva, A., Tretyakov, E., Pronicheva, L., Ionkina, K., Suslina, A. (2016). Agent Technologies for Polythematic Organizations Information-Analytical Support. *Procedia Computer Science*, 88, 336–340. doi: <http://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.445>
- 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: <http://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>
- Çavdar, A. B., Ferhatosmanoğlu, N. (2018). Airline customer lifetime value estimation using data analytics supported by social network information. *Journal of Air Transport Management*, 67, 19–33. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.10.007>
- Ballester-Caudet, A., Campins-Falcó, P., Pérez, B., Sancho, R., Lorente, M., Sastre, G., González, C. (2019). A new tool for evaluating and/or selecting analytical methods: Summarizing the information in a hexagon. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 538–547. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trac.2019.06.015>
- 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: <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>
- 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: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>
- 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: <http://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>
- 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: <http://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>
- Osman, A. M. S. (2019). A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633. doi: <http://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>
- Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., Váncza, J. (2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*, 68 (1), 471–474. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>
- 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: <http://doi.org/10.5194/isprsarchives-xx-2-w1-59-2013>
- Rybak, V. A., Akhmad, Sh. (2016). Analiticheskii obzor i sravnenie sushchestvuiushchikh tekhnologii podderzhki priniatia reshenii. *Sistemnyi analiz i prikladnaia informatika*, 3, 12–18.
- Rodionov, M. A. (2014). Problemy informatcionno-analiticheskogo obespechenia sovremennogo strategicheskogo menedzhmenta. *Nauchnyi Vestnik MGTU GA*, 202, 65–69.
- Bednář, Z. (2018). Information Support of Human Resources Management in Sector of Defense. *Vojenské rozhledy*, 27 (1), 45–68.
- Palchuk, V. (2017). Methods of Content-Monitoring and Content-Analysis of Information Flows: Modern Features. *Naukovi pratsi Natsionalnoi biblioteki Ukrainy imeni V. I. Vernadskoho*, 48, 506–526.
- Mir, S. A., Padma, T. (2016). Evaluation and prioritization of rice production practices and constraints under temperate climatic conditions using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14 (4), e0909. doi: <http://doi.org/10.5424/sjar/2016144-8699>
- Kliushin, V. V. (2014). Teoretiko-metodologicheskie osnovy formirovaniia i otchenki urovnia strategicheskogo ekonomicheskogo potentsiala ekonomicheskikh sistem. *Sovremennye tekhnologii upravleniia*, 12 (48). Available at: <https://sovman.ru/article/4805/>

29. Bogomolova, I. P., Omelchenko, O. M. (2014). Analiz vliianiia faktorov effektivnosti khoziaistvennoi deiatelnosti na ekonomiku integrirovannykh struktur. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 3, 157–162.
30. Sherafat, A., Yavari, K., Davoodi, S. M. R. (2014). Evaluation of the Strategy Management Implementation in Project-Oriented Service Organizations. *Acta Universitatis Danubius. Economica*, 10 (1), 16–25.
31. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskyi, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
32. Mahdi, Q. A., Shyshatskyi, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259068

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ МАРКЕРІВ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ НАДШИРОКОКУТНУ КАМЕРУ сторінки 6–10**Алхімова С. М., Давидович І. В.**

Сучасні пристрої, що підтримують технологію доповненої реальності, широко використовуються в різних сферах людської діяльності, в тому числі і у медицині. Головні дисплеї можуть стати привабливою альтернативою традиційним системам інтраопераційної навігації, оскільки дозволяють користувачам природно взаємодіяти від першої особи із об'єктами, що їх оточують. Отже, об'єктом дослідження у даній роботі є точність розпізнавання координатних міток (маркерів) у таких зонах, в яких надширококутна камера надає найбільші спотворення зображення. Це обумовлене необхідністю збільшити робочий простір можливої взаємодії з маркерами в порівнянні з тим, що надає такий популярний пристрій доповненої реальності як Microsoft HoloLens 2.

У ході дослідження для оцінки точності розпізнавання використовуються квадратні маркери ArUco із взяттям до уваги можливості мати зазначені маркери різних розмірів та розміщені у різних зонах зображення з камери. Положення маркерів включають центр поля зору камери, а також такі зони найбільших спотворень ширококутними об'єктивами, як верхній лівий, верхній правий, нижній лівий та нижній правий кути поля зору камери.

Отримані результати показують, що точність розпізнавання є доволі прийнятною для використання в системах інтраопераційної навігації, а помилки, пов'язані з дисторсіями, складають менш, ніж 0,2 % від усіх випадків із нерозпізнаними маркерами. Завдяки цьому забезпечується можливість збільшити робочий простір можливої взаємодії з маркерами у порівнянні з пристроєм доповненої реальності Microsoft HoloLens 2. Разом з тим, робочий простір для взаємодії з маркерами є меншим за фактичний розмір поля зору надширококутної камери, оскільки розпізнавання неможливе у випадках, коли маркер частково присутній на зображенні (положення маркера наближене до границь зображення).

Ключові слова: доповнена реальність, розпізнавання маркерів, координатні мітки ArUco, точність розпізнавання, інтраопераційна навігація, надширококутна камера.

SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259069

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ РІЗНОРІДНОЇ ПЕРВИННОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ КОМПЛЕКСНОГО ЕКО-ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ сторінки 11–18**Сліпченко В. Г., Полягушко Л. Г., Круш О. Є.**

Дослідження присвячено розробці системи автоматизованого збору первинної інформації, що надходить з різних джерел та в різноманітних форматах. Об'єктом дослідження є властивості первинної інформації та процеси, що відбуваються при її зборі в системах комплексного моніторингу різного напрямлення. Одним з найбільш проблемних місць є те, що інформація про екологічний, енергетичний, економічний та соціальний стани регіону може надходити від різних джерел та в різному форматі. Це вимагає значних затрат ресурсів та часу для розробки блоків в системах комплексного моніторингу. У ході дослідження використовувався системний підхід при аналізі структури джерел та форматів інформації різного типу, а також метод аналізу при розробці набору правил збору інформації.

Автори проаналізували структуру різних джерел та форматів первинної інформації в системах екологічного, енергетичного, економічного та медичного моніторингу. Визначено, що не існує єдиної бази даних і для проведення комплексного аналізу необхідно збирати дані з різноманітних джерел і в різних форматах, що потребує значних витрат ресурсів та часу. Тому у ході дослідження було розроблено автоматизовану систему збору первинної інформації, що дозволяє формувати свої набори правил для імпортування даних з файлів різного формату. Запропонована система може інтегруватись в великі системи моніторингу замість блоку збору інформації. Наприклад, модуль збору первинної інформації системи комплексного еко-енерго-економічного моніторингу успішно використовує розроблену автоматизовану систему для збору інформації, що необхідна для проведення аналізу, моделювання та прогнозування території фахівцями різного профілю, а саме: екологами, енергетиками, економістами та медичними працівниками. Це дозволило скоротити загальний час розробки системи комплексного еко-енерго-економічного моніторингу, а також підвищити точність та своєчасність отримання інформації під час експлуатації системи моніторингу.

Ключові слова: автоматизована система, збір інформації, набір правил, експертна система, комплексний еко-енерго-економічний моніторинг.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259139

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ сторінки 18–23**Кожевніков А. О., Білоус Н. В.**

Об'єктом дослідження у роботі є окремі галузі та процеси метрології, а саме алгоритми та методи системи глобального позиціонування, аналіз та дослідження окремих процесів, та їх реалізація в програмній моделі для аналізу їх точності. Існуюча проблема полягає в тому, що деякі методи або пристрої, які видають результати на основі цих методів є недостатньо точними або на їх точність впливає ряд факторів, що погіршує результат.

Під час роботи було проаналізовано методи та підходи системи глобального позиціонування, такі як: позиціонування точки (precise point positioning), відносне позиціонування GPS, статична та швидка статична GPS-зйомки та зйомка Stop-and-go. Також

підходи були поділені на статичні та кінематичні. Серед методів було обрано метод precise point positioning, як самий розповсюджений та використовуваний серед звичайних користувачів GPS, для більш детального дослідження та аналізу точності. Методи розробки базуються на засобах взаємодії з відкритими сервісами GPS, й мовах C#, ASP.NET Core, фреймворку Angular, та середовищі розробки Visual Studio Code й Visual Studio 2022.

Для реалізації усього необхідного функціоналу була проаналізована предметна область, розглянуті методи визначення метрологічної точності в цілому та в рамках системи глобального позиціонування як безпосереднього об'єкту роботи. В результаті роботи було проведено аналіз та моделювання предметної області, досліджено методи систему глобального позиціонування та програмна система для аналізу точності одного з методів GPS. Надані результати аналізу за допомогою програмного забезпечення допомагають зрозуміти точність методу та GPS приймачів, що його використовують, на різних пристроях.

Ключові слова: метрологічне вимірювання, система глобального позиціонування, precise point positioning, .NET, Angular.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257862

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД МАРШРУТИЗАЦІЇ В МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕННЯ сторінки 24–28

Сова О. Я.

Об'єктом дослідження є система спеціального зв'язку. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) активно використовуються в усіх сферах життєдіяльності людей. Особливого поширення вони отримали при обробці великих масивів даних, прогнозування процесів, забезпечення інформаційної підтримки процесу прийняття рішень особами, що приймають рішення. Не виключенням стали і системи аналізу передачі інформації в системах радіозв'язку спеціального призначення. Однак виникає ряд проблем при передачі інформації, а саме: передача інформації відбувається в складній радіоелектронній обстановці на фоні навмисних та природних завад; елементи системи радіозв'язку є об'єктами першочергового вогневого ураження за рахунок високої радіопомітності для засобів радіорозвідки. Найкращий вихід в цій ситуації знаходять в інтеграції з даними аналізу інформаційної системи аналізу радіоелектронної обстановки, штучних нейронних мереж та мурашиного алгоритму. Їх перевага також полягає в можливості роботи в режимі реального часу та швидкої адаптації до конкретних ситуацій. Саме тому, в зазначеній роботі розроблено методологічні засади маршрутизації в мережах спеціального зв'язку в умовах вогневого ураження та радіоелектронного подавлення.

Підвищення оперативності обробки інформації (зменшення похибки) оцінювання досягається за рахунок використання нейро-нечітких штучних нейронних мереж, що еволюціонують; навчання не тільки синаптичних ваг штучної нейронної мережі, виду та параметрів функції належності. Оперативність обробки інформації також досягається за рахунок навчання архітектури штучних нейронних мереж; врахування типу невизначеності інформації, що підлягає оцінюванню; синтезу раціональної структури нечіткої когнітивної моделі. При цьому досягається зменшення обчислюваної складності при прийнятті рішень; відсутності накопичення помилки навчання штучних нейронних мереж в результаті обробки інформації, що надходить на вхід штучних нейронних мереж. Проведено апробацію використання запропонованої методики на прикладі оцінки передачі інформації в умовах впливу дестабілізуючих факторів. Зазначений приклад показав підвищення оперативності оцінювання на рівні 15–25 % по оперативності обробки інформації.

Ключові слова: штучний інтелект, радіоелектронна обстановка, інтелектуальні системи, системи підтримки прийняття рішень.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259906

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОВИМІРНИХ УМОВНИХ ЛІНІЙНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ сторінки 29–32

Фриз М. Є., Млинко Б. Б.

Об'єктом дослідження є процес математичного моделювання багатовимірного випадкового сигналу, який за структурою свого породження являє собою суму великого числа випадкових імпульсів, що виникають у випадкові моменти часу. Прикладами стохастичних сигналів такого типу можуть бути, зокрема, електроенцефалографічні та кардіографічні сигнали, фотоплетизмограми, процеси ресурсоспоживання (електро-, газо-, водоспоживання), радіолокаційні сигнали, вібрації підшипників електричних машин та ін.

Поширеною у прикладних задачах математичною моделлю (зокрема, і у багатовимірному випадку) такого типу сигналів є лінійний випадковий процес, що допускає зображення сигналу у вигляді суми великого числа стохастично незалежних випадкових імпульсів, які виникають у пуассонівські моменти часу. Якщо ж імпульси є стохастично залежними (або моменти часу їх появи не є пуассонівськими), то математичною моделлю буде умовний лінійний випадковий процес. Означення та аналіз ймовірнісних властивостей таких процесів для багатовимірного випадку, на сьогодні, не проведено.

У роботі наведено означення багатовимірного умовного лінійного випадкового процесу, кожна компонента якого зображена у вигляді стохастичного інтеграла від випадкового ядра за процесом із незалежними приростами. Отримано вирази для характеристичної функції та моментних функцій означеного процесу. Використовуваний підхід полягав у застосуванні математичного апарату умовних характеристичних функцій, а також відомого зображення безмежно подільної характеристичної функції лінійного випадкового процесу, як функціоналу від процесу з незалежними приростами.

Завдяки отриманим результатам забезпечується можливість проведення теоретичного аналізу ймовірнісних властивостей багатоканальних стохастичних сигналів, математичною моделлю яких є багатовимірний умовний лінійний випадковий процес. Зокрема, є можливим обґрунтування їх властивостей стаціонарності чи стохастичної періодичності, які для такої моделі є наслідком відповідних особливостей ядра та породжуючого процесу з незалежними приростами.

Ключові слова: багатовимірний сигнал, умовний лінійний випадковий процес, стохастичний інтеграл, характеристична функція, математичне сподівання, кореляційна функція.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259792

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ БАГАТОДІАПАЗОННИХ ШИРОКОСМУГОВИХ РАДІОСТАНЦІЙ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ сторінки 33–35

Симоненко О. А.

Питання підвищення технічних характеристик перспективних високошвидкісних багатодіапазонних широкосмугових радіостанцій військового призначення є важливим питанням. Зазначене обумовлене збільшенням кількості засобів зв'язку в інформаційно-телекомунікаційних мережах, а також зростанням вимог до рівня технічних характеристик зазначених засобів. Враховуючи зазначене об'єктом дослідження є перспективні високошвидкісні багатодіапазонні широкосмугові радіостанції військового призначення. Предметом дослідження є технічні характеристики перспективних високошвидкісних багатодіапазонних широкосмугових радіостанцій військового призначення. В ході проведеного дослідження використовувалися класичні методи аналізу та синтезу. В дослідженні проведений аналіз загальносвітових тенденцій побудови та розвитку мереж бездротового доступу військового призначення, який дозволяє зробити висновок про перспективність розробки (закупівлі) та впровадження високошвидкісних багатодіапазонних широкосмугових радіостанцій військового призначення для Збройних Сил України. Результати проведеного аналізу характеристик і параметрів високошвидкісних багатодіапазонних широкосмугових радіостанцій провідних країн світу дозволяє визначити основні особливості та вимоги до перспективних радіозасобів, а також обґрунтувати варіанти застосування високошвидкісних радіостанцій у Збройних Силах України. Визначені умови та фактори, що впливають на можливість застосування перспективних широкосмугових радіостанцій в умовах сучасних війн та збройних конфліктів. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що системи широкосмугового радіодоступу будуть використовуватись для організації доступу до інформаційних ресурсів в інформаційному та телекомунікаційному середовищах мережно-центричних та інформаційних війн.

Ключові слова: радіоелектронна обстановка, мережецентрична війна, багатодіапазонні радіостанції, технічні характеристики.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260245

ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗОНДУВАННЯ сторінки 36–40

Бучма І. М., Войченко М. В.

Об'єктом дослідження є кібер-фізичні системи дослідження неоднорідних середовищ, зокрема, таких як земні та водні глибини, з метою пошуку в них провідних тіл. Одним з найбільш проблемних місць при створенні таких систем є високочутливий вимірювач малих фазових зсувів з низьким порогом чутливості.

В ході дослідження проведено огляд методів досягнення низького порогу чутливості до фазового зсуву. Основним з них є метод перетворення фазового зсуву в коефіцієнт амплітудної модуляції. Реалізація методу базується на сумо-різницевому перетворенні з попереднім внесенням квадратурного фазового зсуву між сигналами. Отримано результати, що стосуються методів розв'язання наступних задач:

- підвищення температурної стабільності квадратурного фазообертача;
- зменшення неідентичності коефіцієнтів передачі каналів сумо-різницевої схеми;
- виділення обвідної амплітуд амплітудно-фазо-модульованого сигналу при малих відношеннях частот вхідних сигналів та комутації.

Перша задача частково вирішується розбиттям квадратурного фазообертача на дві рівні половинки, розміщені в різних каналах, з приблизно однаковими фазотемпературними коефіцієнтами. Друга задача також вирішується ручним калібруванням перед вимірюванням. Найскладнішою є задача виділення обвідної з амплітудно-фазо-модульованого сигналу, в якому частота несучої тільки в кілька разів є більшою від обвідної. Складність в тому, що при детектуванні утворюються комбінаційні частоти, зумовлені фазовою модуляцією. Тому розділити їх важко. Розглянуто кілька методів виділення обвідної, якщо частота вхідних сигналів фіксована. Завдяки цьому можна отримати поріг чутливості $(1 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-5})$ рад. Зменшення робочої частоти сигналів підвищує глибинність досліджень, але при цьому зростає вплив флікер-шуму. При цьому мінімальною вважається частота 10 Гц. Отже, для частот, що складають одиниці Гц, ці методи не підходять. Методи зменшення впливу флікер-шуму планується розглянути в іншій роботі.

Ключові слова: вихрострумний метод, вимірювання фазового зсуву, гармонічний сигнал, низькі частоти, порогова чутливість.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.259898

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСУ ВТОРИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ сторінки 41–44

Бабіченко А. К., Лисаченко І. Г., Кравченко Я. О., Бабіченко Ю. А., Красніков І. Л., Шутинський О. Г.

Об'єктом дослідження є технологічний комплекс вторинної конденсації (ТКВК) та його система керування типового агрегату синтезу аміаку серії АМ-1360.

Проведено аналіз умов його функціонування та апаратно-технологічного оформлення. Визначені координати вектору керування. Встановлені особливості запропонованої функціональної схеми та необхідного алгоритмічно-програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої технології керування ТКВК з підсистемою корекції для прийняття рішень в умовах невизначеності. Впровадження запропонованих рішень ускладняється застосуванням на діючих агрегатах синтезу аміаку інформаційно-керуючого комплексу TDC-300 (США) зі встановленим програмним забезпеченням «закритого» типу. Показана необхідність для такого керуючого комплексу з метою реалізації підсистеми прийняття рішень в умовах невизначеності доповнення існуючої системи керування апаратно-програмними засобами «відкритого» типу.

Створена комп'ютерно-інтегрована технологія ТКВК на базі трирівневої ієрархічної структури. Реалізація нульового та першого рівня такої структури утворюють єдиний програмно-технічний комплекс у складі програмованого логічного контролера та автоматизованого робочого місця оператора-технолога на базі промислового комп'ютера зі встановленим програмним забезпеченням. Здійснена програмна реалізація прийняття рішень щодо корекції координат вектору керування додатковим апаратно-програмним забезпеченням на базі логічного контролера VIPA та SCADA-системи Zenon. Реалізована схема мережних інформаційних потоків, яка наочно ілюструє функціонування підсистеми корекції прийняття рішень у загальній структурі комп'ютерно-інтегрованої технології керування ТКВК.

Впровадження розробленої системи дозволяє в умовах існуючих невизначеностей знизити температуру вторинної конденсації в середньому на 3 °С, що забезпечує річне зниження споживання природного газу на 1 млн. нм³. Запропонований підхід щодо можливості поєднання апаратно-програмних засобів «відкритого» та «закритого» типу може бути застосованим і в інших виробництвах.

Ключові слова: виробництво аміаку, вторинна конденсація, енергоефективність, комп'ютерно-інтегрована технологія, апаратно-програмне забезпечення.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260488

ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ РУХУ НА ДОСТУПНІСТЬ ТРАНСПОРТНОЇ ПОСЛУГИ АВТОБУСНОГО МІСЬКОГО МАРШРУТУ сторінки 45–50

Вдовиченко В. О., Іванов І. Є., Підлубний С. Ю.

Об'єктом дослідження виступає вплив умов реалізації технологічних рейсових операцій при впровадженні пріоритетного руху міського пасажирського транспорту на автобусному маршруті на рівень доступності транспортної послуги. На основі розробленого контуру інформаційного зв'язку виділено типову процедуру встановлення параметру оцінки доступності транспортної послуги в залежності від часових показників руху на маршруті. В якості керованого параметру, що визначає умови підвищення доступності транспортної послуги виділено час рейсу та діапазон відхилення прибуття автобусів до зупинного пункту. Реалізована на основі імітаційного моделювання процедура встановлення відповідності часових параметрів відправлення автобусів з зупинного пункту та формування попиту дозволила встановити закономірності зміни рівня доступності транспортної послуги в залежності від умов руху на маршруті.

В ході натурних спостережень за маршрутом № 115е «ст. метро пр. Гагаріна – вул. Нестерова» (м. Харків, Україна) встановлено, що впровадження вільних умов руху, які відповідають умовам пріоритету міського пасажирського транспорту, дозволяє скоротити тривалість рейсу на 5 хв. та зменшити діапазон відхилення прибуття автобусів до зупинного пункту на 4 хв. На основі експериментальних досліджень встановлено, що за рахунок скорочення тривалості рейсу з 32 хв. до 27 хв. можливо підвищити значення показника доступності транспортної послуги на 20,5 %. У разі організації руху за розкладом можливе збільшення показника доступності транспортної послуги до 0,679 (на 6,8 %). Впровадження пріоритетного руху на маршруті № 115е дозволяє скоротити час рейсу до 22 хв. – 27 хв., що позитивно вплине на показник доступності транспортної послуги (збільшиться до 0,803 в умовах руху без розкладу та до 0,880 з дотриманням розкладу руху). Скорочення діапазону відхилення прибуття автобусів до діапазону від –1 хв. до +2 хв. дає можливість підвищити рівень доступності транспортної послуги у звичайних умовах від 6,8 % до 13,3 %, а при впровадженні пріоритетного руху – від 15,4 % до 18,3 %.

Ключові слова: міський пасажирський транспорт, доступність транспортної послуги, прибуття автобусу, якість обслуговування.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.260346

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ сторінки 51–56

Троцько О. О.

У даний час супутниковий сегмент у телекомунікаціях займає важливе місце й забезпечує позиціонування системи зв'язку глобального покриття. Проте, розвиток супутникових технологій, порівняно з наземними бездротовими технологіями, відбувається невисокими темпами. Наприклад, новий стандарт супутникового телемовлення DVB-S2 (Digital Video Broadcasting via Satellite) містить у собі невелику кількість покращень і доопрацювань по відношенню до попереднього стандарту DVB-S. Основним покращенням є впровадження кодів з малою щільністю перевірок на парність LDPC (Low Density Parity Check) і введення можливості використання адаптивної модуляції й кодування. Враховуючи зазначене, об'єктом дослідження є сучасні системи супутникового зв'язку. Предметом дослідження є шляхи підвищення ефективності функціонування сучасних систем супутникового зв'язку. Дослідження направлено на аналіз можливості застосування ряду ефективних технологій сучасних бездротових систем, таких як OFDM, UWB та MIMO, в системах супутникового зв'язку. Впровадження розглянутих варіантів застосування технології MIMO в супутникових системах зв'язку дозволить підвищити пропускну здатність і ефективність цих систем. При цьому, виникає необхідність проведення додаткових досліджень з метою адаптації даної технології в системах супутникового зв'язку. Таким чином, проведений аналіз дозволяє сформулювати основні напрямки підвищення ефективності сучасних систем супутникового зв'язку. Зазначений аналіз дозволяє:

- сформулювати нові підходи з підвищення ефективності сучасних систем супутникового зв'язку;
- обґрунтувати нові технологічні рішення з побудови прийомопередавачів систем супутникового зв'язку;
- визначити можливі напрямки наукових досліджень з підвищення ефективності сучасних систем супутникового зв'язку.

Ключові слова: системи супутникового зв'язку, радіоелектронна обстановка, інформаційно-телекомунікаційна система спеціального призначення.