

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238208

ESTABLISHING CONDITIONS FOR THE EXISTENCE OF BOUNDED SOLUTIONS TO THE WEAKLY NONLINEAR PULSE SYSTEMS (p. 6–12)**Farhod Asrorov**Taras Shevchenko National University
of Kyiv, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3917-4724>**Oleh Perehuda**Taras Shevchenko National University
of Kyiv, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7465-3173>**Valentyn Sobchuk**State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4002-8206>**Anna Sukretna**Taras Shevchenko National University
of Kyiv, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2985-1250>

Processes that involve jump-like changes are observed in mechanics (the movement of a spring under an impact; clockwork), in radio engineering (pulse generation), in biology (heart function, cell division). Therefore, high-quality research of pulse systems is a relevant task in the modern theory of mathematical modeling.

This paper considers the issue related to the existence of bounded solutions along the entire real axis (semi-axis) of the weakly nonlinear systems of differential equations with pulse perturbation at fixed time moments.

A concept of the regular and weakly regular system of equations for the class of the weakly nonlinear pulse systems of differential equations has been introduced.

Sufficient conditions for the existence of a bounded solution to the heterogeneous system of differential equations have been established for the case of poorly regularity of the corresponding homogeneous system of equations.

The conditions for the existence of singleness of the bounded solution along the entire axis have been defined for the weakly nonlinear pulse systems. The results were applied to study bounded solutions to the systems with pulse action of a more general form.

The established conditions make it possible to use the classical methods of differential equations to obtain statements about solvability and the continuous dependence of solutions on the parameters of a pulse system.

It has been shown that classical qualitative methods for studying differential equations are mainly naturally transferred to dynamic systems with discontinuous trajectories. However, the presence of a pulse action gives rise to a series of new specific problems.

The theory of systems with pulse influence has a wide range of applications. Such systems arise when studying pulsed automatic control systems, in the mathematical modeling of various mechanical, physical, biological, and other processes.

Keywords: differential equations, pulse system, bounded solutions, Green-Samoilenko function, regular solutions.

References

- Asrorov, F., Sobchuk, V., Kurylko, O. (2019). Finding of bounded solutions to linear impulsive systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 14–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178635>
- Asrorov, F., Perestyuk, Y., Feketa, P. (2017). On the stability of invariant tori of a class of dynamical systems with the Lappo-Danilevskii condition. *Memoirs on Differential Equations and Mathematical Physics*, 72, 15–25. Available at: <http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/EMIS/journals/MDEMP/vol72/vol72-2.pdf>
- Wang, Y., Lu, J. (2020). Some recent results of analysis and control for impulsive systems. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 80, 104862. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2019.104862>
- Kapustyan, O. V., Asrorov, F. A., Perestyuk, Y. M. (2019). On the Exponential Stability of a Trivial Torus for One Class of Nonlinear Impulsive Systems. *Journal of Mathematical Sciences*, 238 (3), 263–270. doi: <https://doi.org/10.1007/s10958-019-04234-9>
- Kapustian, O. A., Sobchuk, V. V. (2018). Approximate Homogenized Synthesis for Distributed Optimal Control Problem with Superposition Type Cost Functional. *Statistics, Optimization & Information Computing*, 6 (2). doi: <https://doi.org/10.19139/soic.v6i2.305>
- Bonotto, E. M., Bortolan, M. C., Caraballo, T., Collegari, R. (2016). Impulsive non-autonomous dynamical systems and impulsive cocycle attractors. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 40 (4), 1095–1113. doi: <https://doi.org/10.1002/mma.4038>
- Bonotto, E. M., Gimenes, L. P., Souto, G. M. (2017). Asymptotically almost periodic motions in impulsive semidynamical systems. *Topological Methods in Nonlinear Analysis*, 49 (1). doi: <https://doi.org/10.12775/tmna.2016.065>
- Dashkovskiy, S., Feketa, P. (2017). Input-to-state stability of impulsive systems and their networks. *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, 26, 190–200. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nahs.2017.06.004>
- Perestyuk, M. O., Kapustyan, O. V. (2012). Long-time behavior of evolution inclusion with non-damped impulsive effects. *Memoirs on Differential Equations and Mathematical Physics*, 56, 89–113. Available at: <http://emis.impa.br/EMIS/journals/MDEMP/vol56/vol56-5.pdf>
- Kapustyan, O. V., Kasyanov, P. O., Valero, J. (2015). Structure of the global attractor for weak solutions of a reaction-diffusion equation. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 9 (5), 2257–2264.
- Dashkovskiy, S., Kapustyan, O., Romaniuk, I. (2017). Global attractors of impulsive parabolic inclusions. *Discrete & Continuous Dynamical Systems – B*, 22 (5), 1875–1886. doi: <https://doi.org/10.3934/dcdsb.2017111>
- Kermack, W. O., McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proc. R. Soc. Lond.*, 115, 700–721. doi: <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
- Harko, T., Lobo, F. S. N., Mak, M. K. (2014). Exact analytical solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) epidemic model and of the SIR model with equal death and birth rates. *Applied Mathematics and Computation*, 236, 184–194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2014.03.030>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238155
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ESTIMATING THE EFFECT OF TRANSFORMATION OF THE NORMALIZED FREQUENCY MISMATCH FUNCTION OF A COHERENT BUNDLE OF RADIO PULSES ON THE QUALITY OF RADAR FREQUENCY RESOLUTION (p. 13–22)

Serhii Yevseiev

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

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

Oleksandr Kuznietsov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5915-8107>

Oksana Biesova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7744-1339>

Dmytro Kyrychenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7139-5199>

Olena Lukashuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8721-2433>

Stanislav Milevskyi

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

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

Serhii Pohasii

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

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

Iryna Husarova

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1421-0864>

Anna Goloskokova

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9012-7889>

Volodymyr Sobchenko

National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine Named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7864-0321>

The necessity of studying the influence of the transformation of the frequency mismatch function of a coherent bundle of radio pulses on the quality of solving the radar frequency resolution problem is substantiated. This solution determines the effectiveness of radar observation of high-speed and maneuvering individual and group aerodynamic objects. The method is based on explicit expressions for calculating

the normalized frequency mismatch function of a coherent bundle of radio pulses, taking into account its transformation due to the radial motion of high-speed and maneuvering individual and group aerodynamic objects. The estimation of the potential frequency resolution of bundles with different numbers of radio pulses with typical parameters for a coherent pulse radar is carried out. Possible values of frequency resolution under the additive effect of uncorrelated internal noise of the radar receiver and the multiplicative effect of correlated phase fluctuations of the radar signal are estimated. With an insignificant multiplicative effect of correlated phase fluctuations, a twofold increase in the number of radio pulses in a bundle provides an improvement in the frequency resolution (reduction of the width of the normalized frequency mismatch function) by 100 %. With the predominant multiplicative effect of these fluctuations, a twofold increase in the number of radio pulses results in an improvement in the frequency resolution by about 40 %. The developed method is of great theoretical and practical importance for the further development of the radar theory of high-speed and maneuvering individual and group aerodynamic objects.

Keywords: coherent bundle of radio pulses, resolution, mismatch function, phase fluctuations.

Reference

1. Shirman, Ya. D. (Ed.) (2007). Radioelektronnye sistemy: osnovy postroeniya i teoriya. Moscow: Radiotekhnika, 512.
2. Melvin, W. L., Scheer, J. A. (2012). Principles of Modern Radar: Advanced techniques. IET. doi: <https://doi.org/10.1049/sbra020e>
3. Zohuri, B. (2020). Fundamentals of Radar. Radar Energy Warfare and the Challenges of Stealth Technology, 1–110. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40619-6_1
4. Klemm, R., Nickel, U., Gierull, C., Lombardo, P., Griffiths, H., Koch, W. (Eds.) (2017). Novel Radar Techniques and Applications Volume 1: Real Aperture Array Radar, Imaging Radar, and Passive and Multistatic Radar. IET. doi: <https://doi.org/10.1049/sbra512f>
5. Herasimov S., Roshchupkin E., Kutsenko V., Riazantsev, S., Nastishin, Yu. (2020). Statistical analysis of harmonic signals for testing of Electronic Devices. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (7), 3791–3798. doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/143872020>
6. Kovalchuk, A., Oleshchuk, M., Karlov, V., Karpenko, O., Biesova, O., Lukashuk, O. (2021). Analysis of sensitivity of target tracking systems to external interference in multichannel radars with fixed parameters. Advanced Information Systems, 5 (1), 82–86. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.11>
7. Savchenko, V., Laptiev, O., Kolos, O. et. al. (2020). Hidden Transmitter Localization Accuracy Model Based on Multi-Position Range Measurement. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020) Conference Proceedings. Kyiv, 246–251.
8. Barton, D. K. (2012). Radar Equations for Modern Radar. Artech House, 264.
9. Herasimov, S., Belevshchuk, Y., Ryapolov, I., Volkov, A., Borysenko, M., Tokar, O. (2020) Modeling technology of radar scattering of the fourth generation EF-2000 Typhoon multipurpose aircraft model. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (9), 5075–5082. doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/30892020>

10. Minervin, N. N., Karlov, D. V., Konovalov, V. M. (2013). Features of influencing the ionosphere on radar signals at accelerated motion of space objects. *Applied Radio Electronics*, 12 (4), 530–532.
11. Karlov, V., Kuznietsov, O., Belousov, V., Tuzikov, S., Oleschuk, M., Petrushenko, V. (2021). Accuracy of measurement of aerodynamic objects angular coordinates under tropospheric refraction conditions. *Control, Navigation and Communication Systems*, 1 (63), 146–152. doi: <https://doi.org/10.26906/sunz.2021.1.146>
12. Volosyuk, V. K., Gulyaev, Y. V., Kravchenko, V. F., Kutuzza, B. G., Pavlikov, V. V., Pustovoi, V. I. (2014). Modern methods for optimal spatio-temporal signal processing in active, passive, and combined active-passive radio-engineering systems. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 59 (2), 97–118. doi: <https://doi.org/10.1134/s1064226914020090>
13. Klochko, V. K. (2016). Algorithms of 3D radio-wave imaging in airborne Doppler radar. *Radioelectronics and Communications Systems*, 59 (8), 335–343. doi: <https://doi.org/10.3103/s0735272716080021>
14. Karlov, V. D., Radiukov, A. O., Pichuhin, I. M., Karlov, D. V. (2015). Statistical descriptions of radio-location signals, reflected from local objects in the conditions of anomalous refraction. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, 4 (21), 71–74.
15. Karlov, V., Kuznietsov, O., Artemenko, A., Karlov, A. (2019). Evaluation of the accuracy of measuring the radial velocity of a target with an exponential and alternating decrease in phase correlation of the burst radio signal. *Advanced Information Systems*, 3 (1), 71–75. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.12>
16. Kuznietsov, O., Karlov, V., Karlov, A., Kiyko, A., Lukashuk, O., Biesova, O., Petrushenko, M. (2020). Estimation of the Dispersion of the Error in Measuring the Frequency of a Pack with Correlated Fluctuations in the Initial Phases of its Radio Pulses. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). doi: <https://doi.org/10.1109/ukrmw49653.2020.9252588>
17. Sedyshev, Yu., Atamanskiy, D. (2010). *Radioelektronnye sistemy*. Kharkiv: Kharkivskiy unyversytet Povitrianykh Syl, 418.
18. Minervin, N. N., Vasyuta, K. S. (2013). Measure of angular resolution capability and measuring accuracy of a wave arrival corner in the presence of irregular distortions of its front and additive noise. *Applied Radio Electronics*, 12 (4), 484–486.
19. Mogyla, A. A. (2014). Application of stochastic probing radio signals for the range-velocity ambiguity resolution in doppler weather radars. *Radioelectronics and Communications Systems*, 57 (12), 542–552. doi: <https://doi.org/10.3103/s0735272714120036>
20. Herasimov, S. (2020). Aircraft flight route search method with the use of cellular automata. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9 (4), 5077–5082. doi: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/129942020>
21. Yevseiev, S., Kuznietsov, O., Herasimov, S., Horielyshev, S., Karlov, A., Kovalov, I. et. al. (2021). Development of an optimization method for measuring the Doppler frequency of a packet taking into account the fluctuations of the initial phases of its radio pulses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (110)), 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229221>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239149

IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF FIGURATIVE TRANSFORMATIONS TO MINIMIZING SYMMETRIC BOOLEAN FUNCTIONS (p. 23–39)

Mykhailo Solomko

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0168-5657>

Petro Tadeyev

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-6674>

Liudmyla Zubyk

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2087-5379>

Stepaniia Babych

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2145-6392>

Yuliia Mala

University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2539-4793>

Oksana Voitovych

Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3056-861X>

This paper reports a study that has established the possibility of improving the effectiveness of the method of figurative transformations in order to minimize symmetrical Boolean functions in the main and polynomial bases. Prospective reserves in the analytical method were identified, such as simplification of polynomial function conjuncterms using the created equivalent transformations based on the method of inserting the same conjuncterms followed by the operation of super-gluings the variables.

The method of figurative transformations was extended to the process of minimizing the symmetrical Boolean functions with the help of algebra in terms of rules for simplifying the functions of the main and polynomial bases and developed equivalent transformations of conjuncterms. It was established that the simplification of symmetric Boolean functions by the method of figurative transformations is based on a flowchart with repetition, which is the actual truth table of the assigned function. This is a sufficient resource to minimize symmetrical Boolean functions that makes it possible to do without auxiliary objects, such as Karnaugh maps, cubes, etc.

The perfect normal form of symmetrical functions can be represented by binary matrices that would represent the terms of symmetrical Boolean functions and the OR or XOR operation for them.

The experimental study has confirmed that the method of figurative transformations that employs the $2-(n, b)$ -design, and $2-(n, x/b)$ -design combinatorial systems improves the efficiency of minimizing symmetrical Boolean functions. Compared to analogs, this makes it possible to enhance the productivity of minimizing symmetrical Boolean functions by 100–200 %.

There are grounds to assert the possibility of improving the effectiveness of minimizing symmetrical Boolean functions in the main and polynomial bases by the method of figurative

transformations. This is ensured, in particular, by using the developed equivalent transformations of polynomial function conjuncterms based on the method of inserting similar conjuncterms followed by the operation of super-gluing the variables.

Keywords: minimization of symmetric Boolean functions by the method of figurative transformations, singular function, main basis.

References

- Shannon, C. E. (1938). A symbolic analysis of relay and switching circuits. *Electrical Engineering*, 57 (12), 713–723. doi: <https://doi.org/10.1109/ee.1938.6431064>
- Avgul', L. B., Petrochenko, A. S. (1989). Dekompozitsiya simmetricheskikh bulevykh funktsiy i bulevykh funktsiy s chastichnoy simmetriey v baze monotonykh funktsiy. *Kibernetika i sistemnyy analiz*, 3, 26–40.
- Sasao, T. (1993). FPGA Design by Generalized Functional Decomposition. *Logic Synthesis and Optimization*, 233–258. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3154-8_11
- Svirshcheva, E. A. (1988). Strukturniy sintez neizomorfnykh sistem s odnorodnymi komponentami. Kharkiv, 256. Available at: http://www.techlibrary.ru/b1/2z1c1j1r2a1f1c1a_3l2h_2z1t1r1u1l1t1u1r1o2c1k_1s1j1o1t1f1i_1o1f1j1i1p1n1p1r1v1o2c1w_1s1j1s1t1f1n_1s_1p1e1o1p1r1p1e1o2c1n1j_1l1p1n1q1p1o1f1o1t1a1n1j_1998.pdf
- Rytsar, B. Ye. (1996). Do formalizatsiyi symetrychnykh lohichnykh funktsiy n zminnykh. *Materialy mizhnar. konf. «Suchasni problemy avtomatyzoivanoi obrobky i vyrobnytstva radioelektronnykh zasobiv zastosuvannia zasobiv zviazku»*. Ch. 2. Lviv-Slavsk, 28–30.
- Rytsar, B. Ye. (1999). Dekompozitsiya bulovykh funktsiy metodom q-rozbytta. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny*, 5, 29–42.
- Povarov, G. N. (1960). O gruppovoy invariantnosti bulevykh funktsiy. *Primenenie logiki v nauke i tekhnike*. Moscow: Izd-vo AN SSSR. Available at: <https://www.twirpx.com/file/2906517/>
- Mukhopadhyay, A. (1963). Detection of Total or Partial Symmetry of a Switching Function with the Use of Decomposition Charts. *IEEE Transactions on Electronic Computers*, EC-12 (5), 553–557. doi: <https://doi.org/10.1109/pgec.1963.263654>
- Das, S. R., Sheng, C. L. (1971). On Detecting Total or Partial Symmetry of Switching Functions. *IEEE Transactions on Computers*, C-20 (3), 352–355. doi: <https://doi.org/10.1109/t-c.1971.223243>
- Lupanov, O. B. (1965). Ob odnom podhode k sintezu upravlyayushchih sistem - printsipe lokal'nogo kodirovaniya. *Problemy kibernetiki*, 14, 31–110. Available at: http://new.math.msu.su/departement/dm/dmmc/publ_4.htm
- Avgul', L. B. (1996). Polinomial'noe razlozhenie simmetricheskikh bulevykh funktsiy tablitsnym metodom. *Kibernetika i sistemnyy analiz*, 6, 59–71.
- Rytsar, B. E. (1997). Metod minimizatsii bulevykh funktsiy. *Problemy upravleniya i informatiki*, 2, 100–113.
- Paulin, O. N., Lyahovetskiy, A. M. (2002). Model' i metod proektirovaniya mnogooperandnogo summatora na baze simmetricheskikh funktsiy. *Tr. mezhdunar. konf. po induktivnomu modelirovaniyu «MKIM – 2002»*. Lviv, 208–213.
- Paulin, O. N., Drozd, Yu. V. (1998). O sinteze logicheskikh moduley, opisyvayemykh simmetricheskimi funktsiyami. *Matly mezhdunar. NTK «Priborostroenie»*. Evpatoriya, 189–192.
- Schnieber, M., Froehlich, S., Drechsler, R. Depth Optimized Synthesis of Symmetric Boolean Functions. Available at: http://www.informatik.uni-bremen.de/agra/doc/konf/2021_ISVLSI_SymmetricFunctions.pdf
- Burmistrov, S. V., Panasco, O. M., Kovalska, N. V. (2018). Matrix method of parallel decomposition for minimization of symmetric boolean functions in the form of extended polynomial. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 1, 130–135. doi: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.1.2018.162604>
- Papakonstantinou, G. (2014). A parallel algorithm for minimizing esop expressions. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 23 (01), 1450015. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218126614500157>
- Brandão, L. T. A. N., Çalık, Ç., Sönmez Turan, M., Peralta, R. (2019). Upper bounds on the multiplicative complexity of symmetric Boolean functions. *Cryptography and Communications*, 11 (6), 1339–1362. doi: <https://doi.org/10.1007/s12095-019-00377-3>
- Zhang, J. S., Mishc, A., Brayton, R., Chrzanowska-Jeske, M. (2006). Symmetry detection for large Boolean functions using circuit representation, simulation, and satisfiability. 2006 43rd ACM/IEEE Design Automation Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/dac.2006.229269>
- Drechsler, R., Becker, B. (1995). Sympathy: fast exact minimization of fixed polarity Reed-Muller expressions for symmetric functions. *Proceedings the European Design and Test Conference. ED&TC 1995*. doi: <https://doi.org/10.1109/edtc.1995.470414>
- Drechsler, R. (1997). Pseudo Kronecker expressions for symmetric functions. *Proceedings Tenth International Conference on VLSI Design*. doi: <https://doi.org/10.1109/icvd.1997.568188>
- Möller, D., Molitor, P., Drechsler, R. (1995). Symmetry Based Variable Ordering for ROBDDs. *Logic and Architecture Synthesis*, 70–81. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-34920-6_7
- Arnold, R. F., Harrison, M. A. (1963). Algebraic Properties of Symmetric and Partially Symmetric Boolean Functions. *IEEE Transactions on Electronic Computers*, EC-12 (3), 244–251. doi: <https://doi.org/10.1109/pgec.1963.263535>
- Rytsar, B. Y. (2003). Identification of symmetry of boolean function decomposition cloning method. 6th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service, 2003. *TELSIKS 2003*. doi: <https://doi.org/10.1109/telsks.2003.1246296>
- Solomko, M. (2021). Developing an algorithm to minimize boolean functions for the visual-matrix form of the analytical method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (109)), 6–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225325>
- Solomko, M., Batyshkina, I., Khomiuk, N., Ivashchuk, Y., Shevtsova, N. (2021). Developing the minimization of a polynomial normal form of boolean functions by the method of figurative transformations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (110)), 22–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229786>
- Paulin, O. N., Yanko, V. G. (2014). O minimizatsii simmetricheskikh bulevykh funktsiy. *Konferentsiya «Modern Problems And Ways Of Their Solution In Science, Transport, Production And Education 2014»*. SWorld.
- Rytsar, B. Ye. (2013). A Numeric Set-Theoretical Interpretation of Polynomial Zhegalkin. *Upravlinnia systemamy i mashynamy*, 1, 11–26. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/83125>
- Rytsar, B. Ye. (2015). New minimization method of logical functions in polynomial set-theoretical format. 1. Generali-

- zed rules of conjuncterms simplification. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny*, 2, 39–57. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/87194>
30. Yablonskiy, S. V. (1986). *Vvedenie v diskretnuyu matematiku*. Moscow: Nauka, 384. Available at: <https://stugum.files.wordpress.com/2014/03/yablonskiy-vvedenie-v-diskretnuyu-matematiku.pdf>
 31. Rytsar, B. Y. (2019). A New Method for Symmetry Recognition in Boolean Functions Based on the Set-Theoretical Logic Differentiation. I. *Control Systems and Computers*, 4 (282), 3–13. doi: <https://doi.org/10.15407/csc.2019.04.003>
 32. Tran, A. (1987). Graphical method for the conversion of minterms to Reed-Muller coefficients and the minimisation of exclusive-OR switching functions. *IEE Proceedings E Computers and Digital Techniques*, 134 (2), 93. doi: <https://doi.org/10.1049/ip-e.1987.0016>
 33. Zakrevskiy, A. D. (1981). *Logicheskii sintez kaskadnykh skhem*. Moscow, 416. Available at: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=272497>
 34. Barkalov, A. A., Krasichkov, A. A. (2002). Metody dekompozitsii bulevykh funktsiy. *Naukovi pratsi DonNTU*, 39, 116–121.
 35. Rytsar, B. E. (2009). A new approach to the decomposition of boolean functions. 4. Non-disjoint decomposition: p,q-partition. *Kibernetika i sistemnyi analiz*, 3, 15–41. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/44365>
 36. Rytsar, B. Ye. (2013). Rytsar, B. Ye. (2013). Minimization of logic functions system by conjuncterms parallel splitting method. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*. *Radioelektronika ta telekomunikatsiyi*, 766, 18–27. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPPT_2013_766_6
 37. Viter, V. V., Gur'yanov, A. V., Kozyuminskiy, V. D., Mishchenko, V. A., Tereshko, S. M. (1984). Pat. No. 1228099 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 3696344; declared: 30.01.1984; published: 30.04.1986. Available at: <http://patents.su/3-1228099-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 38. Avgul', L. B., Dubovik, Yu. I., Suprun, V. P., Yakush, V. P. (1986). Pat. No. 1374216 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4098636; declared: 30.07.1986; published: 15.02.1988. Available at: <https://patents.su/3-1374216-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 39. Avgul', L. B., Suprun, V. P. (1987). Pat. No. 1429108 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4195013; declared: 17.02.1987; published: 07.10.1988. Available at: <http://patents.su/3-1429108-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 40. Anisimova, L. O., Zemtsova, N. K., Mutihina, O. I., Hlystov, A. V., Chizhuhin, G. N. (1987). Pat. No. 1524045 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4238062; declared: 04.05.1987; published: 23.11.1989. Available at: <https://patents.su/2-1524045-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 41. Avgul', L. B., Suprun, V. P. (1987). Pat. No. 1479928 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4306252; declared: 14.09.1987; published: 15.05.1989. Available at: <https://patents.su/2-1479928-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 42. Avgul', L. B., Suprun, V. P. (1988). Pat. No. 1575172 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4404427; declared: 05.04.1988; published: 30.06.1990. Available at: <https://patents.su/2-1575172-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 43. Avgul', L. B., Suprun, V. P. (1988). Pat. No. 1658145 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4476179; declared: 26.08.1988; published: 23.06.1991. Available at: <https://findpatent.ru/patent/165/1658145.html>
 44. Chizhuhin, G. N. (1989). Pat. No. 1683007 SSSR. Chetyrekhvkhodoviy odnorazryadnyy summator. No. 4746424; declared: 02.10.1989; published: 07.10.1991. Available at: <https://patents.su/2-1683007-chetyrekhvkhodovyjj-odnorazryadnyjj-summator.html>
 45. Riznyk, V., Solomko, M. (2017). Application of super-sticking algebraic operation of variables for Boolean functions minimization by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (2 (38)), 60–76. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.118336>
 46. Riznyk, V., Solomko, M. (2018). Research of 5-bit boolean functions minimization protocols by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2(42)), 41–52. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140351>
 47. Riznyk, V., Solomko, M., Tadeyev, P., Nazaruk, V., Zubyk, L., Voloshyn, V. (2020). The algorithm for minimizing Boolean functions using a method of the optimal combination of the sequence of figurative transformations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (105)), 43–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206308>
 48. Solomko, M., Khomiuk, N., Ivashchuk, Y., Nazaruk, V., Reinska, V., Zubyk, L., Popova, A. (2020). Implementation of the method of image transformations for minimizing the Sheffer functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (107)), 19–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214899>
 49. Riznyk, V., Solomko, M. (2017). Minimization of Boolean functions by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (36)), 49–64. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108532>
 50. Riznyk, V., Solomko, M. (2018). Minimization of conjunctive normal forms of boolean functions by combinatorial method. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (43)), 42–55. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146312>
 51. Lobanov, V. I. (2002). *Russkaya logika protiv klassicheskoy (azbuka matematicheskoy logiki)*. Moscow: Sputnik+, 113. Available at: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002095987/
-
- DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238024**
CONSTRUCTING STEKLOV-TYPE CUBATURE FORMULAS FOR A FINITE ELEMENT IN THE SHAPE OF A BIPYRAMID (p. 40–46)
- Anzhelika Motailo**
 Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6775-5788>
- Galina Tuluchenko**
 National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6196-540X>
- This paper reports the construction of cubature formulas for a finite element in the form of a bipyramid, which have a second algebraic order of accuracy. The proposed formulas explicitly take into consideration the parameter of bipyramid deformation, which is important when using irregular grids. The cubature formulas were constructed by applying two schemes for the location of interpolation nodes along the polyhedron axes: symmetrical and asymmetrical. The intervals of change in the elongation (compression) parameter

of a bipyramid semi-axis have been determined, within which interpolation nodes of the constructed formulas belong to the integration region, while the weight coefficients are positive, which warrants the stability of calculations based on these cubature formulas. If the deformation parameter of the bipyramid is equal to unity, then both cubature formulas hold for the octahedron and have a third algebraic order of accuracy.

The resulting formulas make it possible to find elements of the local stiffness matrix on a finite element in the form of a bipyramid. When calculating with a finite number of digits, a rounding error occurs, which has the same order for each of the two cubature formulas.

The intervals of change in the elongation (compression) parameter of the bipyramid semi-axis have been determined, which meet the requirements, which are employed in the ANSYS software package, for deviations in the volume of the bipyramid from the volume of the octahedron.

Among the constructed cubature formulas for a bipyramid, the optimal formula in terms of the accuracy of calculations has been chosen, derived from applying a symmetrical scheme of the arrangement of nodes relative to the center of the bipyramid. This formula is invariant in relation to any affinity transformations of the local bipyramid coordinate system. The constructed cubature formulas could be included in libraries of methods for approximate integration used by those software suites that implement the finite element method.

Keywords: bipyramid, octahedron, stiffness matrix, cubature formula, interpolation nodes, weight coefficients.

References

- Jaskowiec, J., Sukumar, N. (2020). High-order cubature rules for tetrahedra. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 121 (11), 2418–2436. doi: <https://doi.org/10.1002/nme.6313>
- Jaskowiec, J., Sukumar, N. (2020). High-order symmetric cubature rules for tetrahedra and pyramids. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 122 (1), 148–171. doi: <https://doi.org/10.1002/nme.6528>
- Witherden, F. D., Vincent, P. E. (2015). On the identification of symmetric quadrature rules for finite element methods. *Computers & Mathematics with Applications*, 69 (10), 1232–1241. doi: <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2015.03.017>
- Grosso, R., Greiner, G. (1998). Hierarchical meshes for volume data. *Proceedings. Computer Graphics International (Cat. No.98EX149)*, 761–769. doi: <https://doi.org/10.1109/cgi.1998.694336>
- Zienkiewicz, O. C. (2014). *Introductory Lectures on the Finite Element Method*. Springer, 99. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2973-9>
- Greiner, G., Grosso, R. (2000). Hierarchical tetrahedral-octahedral subdivision for volume visualization. *The Visual Computer*, 16 (6), 357–369. doi: <https://doi.org/10.1007/pl00007214>
- Ren, D. Q., Giannacopoulos, D. D. (2006). Parallel mesh refinement for 3-D finite element electromagnetics with tetrahedra: Strategies for optimizing system communication. *IEEE Transactions on Magnetics*, 42 (4), 1251–1254. doi: <https://doi.org/10.1109/tmag.2006.872469>
- Da Qi Ren, McFee, S., Giannacopoulos, D. D. (2008). A New Strategy for Reducing Communication Latency in Parallel 3-D Finite Element Tetrahedral Mesh Refinement. *IEEE Transactions on Magnetics*, 44 (6), 1410–1413. doi: <https://doi.org/10.1109/tmag.2007.916038>
- Motailo, A. P. (2019). *Heometrychne modeliuvannia skaliarnykh ta vektornykh poliv na reshitkakh tetraedralno-oktaedralnoi struktury*. Dnipro, 24. Available at: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/K08.051.01/autoreferat_5d8004509755e.pdf
- Motailo, A. (2021). Cubature formula on the octahedron. *Young Scientist*, 5 (93), 181–184. doi: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-5-93-34>
- Motailo, A. P., Khomchenko, A. N., Tuluchenko, G. Ya. (2016). The constructing of bipyramid's basis. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 4, 29–36. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2016-4-4>
- Segerlind, L. J. (1985). *Applied Finite Element Analysis*. Wiley, 427. Available at: https://kupdf.net/download/applied-finite-element-analysis-2nd-ed-l-segerlind-wiley-1984-ww_590695a7dc0d600f44959ea7_pdf
- Krylov, V. I. (1967). *Priblizhennoe vychislenie integralov*. Moscow, 500. Available at: <https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Krylov1967ru.pdf>
- Sharyi, S. P. (2021). *Kurs vychislitel'nyh metodov*. Novosibirsk, 655. Available at: <http://www.ict.nsc.ru/matmod/files/textbooks/SharyNuMeth.pdf>
- ANSYS Icepak 12.1: User's Guide. Checking the Skewness. Available at: <https://www.yumpu.com/en/document/read/5683234/ansys-icepak-121-users-guide/847>
- ANSYS Fluent. Available at: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239148
DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING STABLE SOLUTIONS OF THE SAINT-VENANT EQUATION USING AN UPWIND IMPLICIT DIFFERENCE SCHEME (p. 47–56)

Rakhmatillo Alov

National University of Uzbekistan,
Tashkent, Republic of Uzbekistan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-3070>

Abdumauvlen Berdyshev

Abai Kazakh National Pedagogical University,
Almaty, Republic of Kazakhstan
Institute of Information and Computational Technologies,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1228-8246>

Aziza Akbarova

National University of Uzbekistan,
Tashkent, Republic of Uzbekistan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6119-7212>

Zharasbek Baishemirov

Abai Kazakh National Pedagogical University,
Almaty, Republic of Kazakhstan
Institute of Information and Computational Technologies,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4812-4104>

The problem of numerical determination of Lyapunov-stable (exponential stability) solutions of the Saint-Venant equations system has remained open until now. The authors of this paper previously proposed an implicit upwind difference splitting scheme, but its practical applicability was not indicated there. In this paper, the problem is solved successfully, namely, an algorithm for calculating Lyapunov-stable

solutions of the Saint-Venant equations system is developed and implemented using an upwind implicit difference splitting scheme on the example of the Big Almaty Canal (herein after BAC). As a result of the proposed algorithm application, it was established that:

1) we were able to perform a computational calculation of the numerical determination problem of the water level and velocity on a part of the BAC (10,000 meters) located in the Almaty region;

2) the numerical values of the water level height and horizontal velocity are consistent with the actual measurements of the parameters of the water flow in the BAC;

3) the proposed computational algorithm is stable;

4) the numerical stationary solution of the system of Saint-Venant equations on the example of the BAC is Lyapunov-stable (exponentially stable);

5) the obtained results (according to the BAC) show the efficiency of the developed algorithm based on an implicit upwind difference scheme according to the calculated time.

Since we managed to increase the values of the difference grid time step up to 0.8 for calculating the numerical solution according to the proposed implicit scheme.

Keywords: Saint-Venant equations, hyperbolic system, implicit scheme, upwind difference scheme, stability.

References

- Klimovich, V. I., Petrov, O. A. (2012). Chislennoe modelirovanie techenii pri rabote vodoslivnoi plotiny Bureiskoi GES. *Izvestiia Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. E. Vedeneeva*, 266, 22–37.
- Tsyganova, M. V., Lemeshko, E. M. (2017). The shelf water dynamics in the Danube delta region based on numerical simulation. *Krym – ekologo-ekonomicheskii region. Prostranstvo noosfernogo razvitiia. Sevastopol*, 260–262. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30118605>
- Rakhuba, A. V., Shmakova, M. V. (2015). Mathematical modeling of the dynamics of sedimentation as a factor in eutrophication of the water masses of the Kuibyshev reservoir. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 17 (4), 189–193. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskoe-modelirovanie-dinamiki-zaileniya-kak-faktora-evtrofirovaniya-vodnyh-mass-kuibyshevskogo-vodohranilisha>
- Sheverdiaev, I. V., Berdnikov, S. V., Kleschenkov, A. V. (2017). HEC-RAS using for hydrologic regime modeling on the Don's delta. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyanaliz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem*, 1 (2), 113–122. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30298680>
- Bogomolov, A. V., Lepikhin, A. P., Tiunov, A. A. (2014). Ispolzovanie chislennykh gidrodinamicheskikh modelei dlia otsenki effektivnosti proektnykh reshenii po zaschite beregov (na primere reki Don v raione goroda Pavlovska). *Vodnoe khoziaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 1, 50–57. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-chislennykh-gidrodinamicheskikh-modeley-dlya-otsenki-effektivnosti-proektnykh-resheniy-po-zaschite-beregov-na-primere>
- Oshkin, M. I., Pisarev, A. V., Zheltobriukhov, V. F., Polozova, I. A., Kartushina, Iu. N. (2015). Ispolzovanie kompiuternogo modelirovaniia dinamiki poverkhnostnykh vod reki Medveditsy dlia resheniia prirodookhrannykh zadach. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 18 (18), 246–248. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompyuternogo-modelirovaniya-dinamiki-poverkhnostnykh-vod-reki-medveditsy-dlya-resheniya-prirodookhrannykh-zadach>
- Vasilev, O. F., Godunov, S. K., Pritvits, N. A., Temnoeva, T. A., Friazinova, I. L., Shugrin, S. M. (1963). Chislennii metod rascheta rasprostraneniia dlinnykh voln v otkrytykh ruslakh i prilozhenie ego k zadache o pavodke. *Doklady AN SSSR*, 151 (3), 525–527. Available at: <http://mi.mathnet.ru/dan28337>
- Hayat, A., Shang, P. (2019). A quadratic Lyapunov function for Saint-Venant equations with arbitrary friction and space-varying slope. *Automatica*, 100, 52–60. doi: <http://doi.org/10.1016/j.automatica.2018.10.035>
- Godunov, S. K. (1979). *Uravneniia matematicheskoi fiziki*. Moscow: «Nauka», 392. Available at: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Godunov1979ru.djvu>
- Bastin, G., Coron, J. M. (2016). *Stability and Boundary Stabilization of 1-D Hyperbolic Systems*. itemirkhauser Basel. Springer International Publishing Switzerland, 307. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-32062-5>
- Göttlich, S., Schillen, P. (2017). Numerical discretization of boundary control problems for systems of balance laws: Feedback stabilization. *European Journal of Control*, 35, 11–18. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ejcon.2017.02.002>
- Bastin, G., Coron, J.-M. (2017). A quadratic Lyapunov function for hyperbolic density–velocity systems with nonuniform steady states. *Systems & Control Letters*, 104, 66–71. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sysconle.2017.03.013>
- Bastin, G., Coron, J.-M., d' Andréa-Novel, B. (2009). On Lyapunov stability of linearised Saint-Venant equations for a sloping channel. *Networks & Heterogeneous Media*, 4 (2), 177–187. doi: <http://doi.org/10.3934/nhm.2009.4.177>
- Coron, J.-M., Bastin, G. (2015). Dissipative Boundary Conditions for One-Dimensional Quasi-linear Hyperbolic Systems: Lyapunov Stability for the C1-Norm. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 53 (3), 1464–1483. doi: <http://doi.org/10.1137/14097080x>
- Coron, J.-M., Hu, L., Olive, G. (2017). Finite-time boundary stabilization of general linear hyperbolic balance laws via Fredholm backstepping transformation. *Automatica*, 84, 95–100. doi: <http://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.05.013>
- Peskin, C. S. (2002). The immersed boundary method. *Acta Numerica*, 11, 479–517. doi: <http://doi.org/10.1017/s0962492902000077>
- Volkov, K. N. (2005). Realizatsiia skhemy rasschepleniia na raznesennoi setke dlia rascheta nestatsionarnykh techenii viazkoj neszhimaemoi zhidkosti. *Vychislitelnye metody i programmirovaniia*, 6 (1), 269–282. Available at: <http://mi.mathnet.ru/vmp648>
- Blokhin, A. M., Alov, R. D., Hudayberganov, M. U. (2014). One Class of Stable Difference Schemes for Hyperbolic System. *American Journal of Numerical Analysis*, 2 (3), 85–89. Available at: <http://pubs.sciepub.com/ajna/2/3/4>
- Alov, R. D., Khudoyberganov, M. U., Blokhin, A. M. (2018). Construction and research of adequate computational models for quasilinear hyperbolic systems. *Numerical Algebra, Control & Optimization*, 8 (3), 287–299. doi: <http://doi.org/10.3934/naco.2018017>
- Berdyshev, A., Imomnazarov, K., Tang, J.-G., Mikhailov, A. (2016). The Laguerre spectral method as applied to numerical solution of a two-dimensional linear dynamic seismic problem for porous media. *Open Computer Science*, 6 (1), 208–212. doi: <http://doi.org/10.1515/comp-2016-0018>
- Diagne, A., Diagne, M., Tang, S., Krstic, M. (2015). Backstepping stabilization of the linearized Saint-Venant-

Exner Model: Part II – output feedback. 2015 54th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 1248–1253. doi: <http://doi.org/10.1109/cdc.2015.7402382>

22. Samarskii, A. A., Nikolaev, E. S. (1978). *Metody resheniia setochnykh uravnenii*. Moscow: «Nauka», 532. Available at: <http://samarskii.ru/books/book1978.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238318
DEVELOPMENT OF THE COMBINED METHOD OF IDENTIFICATION OF NEAR DUPLICATES IN ELECTRONIC SCIENTIFIC WORKS (p. 57–63)

Petro Lizunov

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2924-3025>

Andrii Biloshchytskyi

Astana IT University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

Alexander Kuchansky

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1277-8031>

Yurii Andrashko

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2306-8377>

Svitlana Biloshchytska

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0856-5474>

Oleg Serbin

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3119-690X>

The methods for identification of near-duplicates in electronic scientific papers, which include the content of the same type, for example, text data, mathematical formulas, numerical data, etc. were described. For text data, the method of locally sensitive hashing with the finding of Hamming distance between the elements of indices of electronic scientific papers was formalized. If Hamming distance exceeds a fixed numerical threshold, a scientific paper contains a near-duplicate. For numerical data, sub-sequences for each scientific work are formed and the proximity between the papers is determined as the Euclidian distance between the vectors consisting of the numbers of these sub-sequences. To compare mathematical formulas, the method for comparing the sample of formulas is used and the names of variables are compared. To identify near-duplicates in graphic information, two directions are separated: finding key points in the image and applying locally sensitive hashing for individual pixels of the image. Since scientific papers often include such objects as schemes and diagrams, subscriptions to them are examined separately using the methods for comparing text information. The combined method for identification of near-duplicates in electronic scientific papers, which combines the methods for identification of near-duplicates of various types of data, was

proposed. To implement the combined method for the identification of near-duplicates in electronic scientific papers, an information-analytical system that processes scientific materials depending on the content type was devised. This makes it possible to qualitatively identify near-duplicates and as widely as possible identify possible abuses and plagiarism in electronic scientific papers: scientific articles, dissertations, monographs, conference materials, etc.

Keywords: near-duplicate, electronic scientific paper, antiplagiarism system, locally sensitive hashing.

References

1. Wu, X., Ngo, C.-W., Hauptmann, A. G. (2008). Multimodal News Story Clustering With Pairwise Visual Near-Duplicate Constraint. *IEEE Transactions on Multimedia*, 10 (2), 188–199. doi: <https://doi.org/10.1109/tmm.2007.911778>
2. Chang, E. Y., Wang, J. Z., Li, C., Wiederhold, G. (1998). RIME: A replicated image detector for the World Wide Web. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, 3527, 58–67. doi: <https://doi.org/10.1117/12.325852>
3. Liu, G.-H., Yang, J.-Y. (2013). Content-based image retrieval using color difference histogram. *Pattern Recognition*, 46 (1), 188–198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2012.06.001>
4. Mikolajczyk, K., Schmid, C. (2005). A performance evaluation of local descriptors. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27 (10), 1615–1630. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2005.188>
5. Ke, Y., Sukthankar, R. (2004). PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors. *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2004. CVPR 2004. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2004.1315206>
6. Zou, F., Feng, H., Ling, H., Liu, C., Yan, L., Li, P., Li, D. (2013). Nonnegative sparse coding induced hashing for image copy detection. *Neurocomputing*, 105, 81–89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2012.06.042>
7. Gadeski, E., Le Borgne, H., Popescu, A. (2016). Fast and robust duplicate image detection on the web. *Multimedia Tools and Applications*, 76 (9), 11839–11858. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3619-4>
8. Li, Y. (2021). A Fast Algorithm for Near-Duplicate Image Detection. *2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Design (AIID)*. doi: <https://doi.org/10.1109/aiid51893.2021.9456496>
9. Yi, L., Liu, B., Li, X. (2003). Eliminating noisy information in Web pages for data mining. *Proceedings of the Ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining – KDD'03*. doi: <https://doi.org/10.1145/956750.956785>
10. Fetterly, D., Manasse, M., Najork, M. (2004). Spam, damn spam, and statistics: using statistical analysis to locate spam web pages. *Proceedings of the 7th International Workshop on the Web and Databases Colocated with ACM SIGMOD/PODS 2004 – WebDB'04*. doi: <https://doi.org/10.1145/1017074.1017077>
11. Chang, H.-C., Wang, J.-H. (2007). Organizing News Archives by Near-Duplicate Copy Detection in Digital Libraries. *Lecture Notes in Computer Science*, 410–419. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-77094-7_52
12. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Biloshchytska, S., Dubnytska, A. (2017). Conceptual model of automatic system of near duplicates detection in electronic documents. *2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)*. doi: <https://doi.org/10.1109/cadsm.2017.7916155>

13. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Biloshchytska, S., Chala, L. (2016). Detection of near duplicates in tables based on the locality-sensitive hashing method and the nearest neighbor method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (84)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86243>
14. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2019). Improvement of the method for scientific publications clustering based on n -gram analysis and fuzzy method for selecting research partners. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (100)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175139>
15. Lizunov, P., Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S. (2020). The use of probabilistic latent semantic analysis to identify scientific subject spaces and to evaluate the completeness of covering the results of dissertation studies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (106)), 21–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209886>
16. Fella, A. (2021). All-Three: Near-optimal and domain-independent algorithms for near-duplicate detection. *Array*, 11, 100070. doi: <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100070>
17. Mathew, M., Das, S. N., Lakshmi Narayanan, T. R., Vijayaraghavan, P. K. (2011). A novel approach for near-duplicate detection of web pages using TDW matrix. *International Journal of Computer Applications*, 19 (7), 16–21. doi: <https://doi.org/10.5120/2374-3128>
18. Arun, P., Sumesh, M. (2015). Near-duplicate web page detection by enhanced TDW and simHash technique. 2015 International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet), 765–770. doi: <https://doi.org/10.1109/coconet.2015.7411276>
19. Mishra, A. R., Panchal, V. K., Kumar, P. (2020). Similarity Search based on Text Embedding Model for detection of Near Duplicates. *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 13 (2), 1871–1881. Available at: <http://sersc.org/journals/index.php/IJGDC/article/view/35004/19401>
20. National Library of Ukraine named after VI Vernadsky. Available at: <http://nbuv.gov.ua/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238874
DEVISING AN AUTOMATED METHOD TO FORM THE CONTENT OF EDUCATIONAL SPECIALIZATION DISCIPLINES OF MAXIMUM UTILITY FOR IMPLEMENTATION IN THE PROFESSIONAL FIELD (p. 64–73)

Natalya Astapenko

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0074-2966>

Kayrat Koshekov

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-2310>

Grigoriy Ponomarev

National Information Technologies,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1935-5667>

Beken Seidakhmetov

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6091-4152>

Igor Fedorov

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8158-5092>

Dmitriy Zuev

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0297-1049>

The rapid growth and emergence of breakthrough technologies in the information and communication field requires annual adjustment and modernization of curricula for specialization disciplines in accordance with the current market requirements. A method of prompt response of the educational environment to the requirements of the external environment, based on the creation of a pool of demanded learning outcomes, is proposed. The object of the research is the process of formation of the required content of specialization disciplines.

A formalized method for forming the content of educational disciplines of specialization of maximum utility for implementation in the professional field is described based on expert assessments of representatives of the job market. An algorithm for finding a set of learning outcomes for the identified conditions was devised. A software tool that includes a database and two components: a web interface for collecting and primary processing of information and a C++ program module for automating the main algorithm was developed. The result of the software tool is a pool of learning outcomes recommended for implementation in the content of the educational program.

The results of an experimental study based on test data, which proved the accuracy of the calculations of the software component, were presented. Verification of data in the area of web technologies and web programming made it possible to identify a list of learning outcomes for implementation in the educational program «Information Systems». The algorithm developed as a result of research can be used to form the demanded content of elements of educational programs in any industry. It is supposed to develop the proposed method when creating interactive training programs on the technological processes of aircraft repair at the enterprises of the aviation industry.

Keywords: learning outcome, discipline content, educational programs of higher education, automated method.

References

1. Yelina, E. G., Kovtun, E. N., Rodionova, S. E. (2015). Competences and outcomes of learning: the logic of their representation in educational programmes. *Higher Education in Russia*, 1, 10–20. Available at: <https://vovr.elpub.ru/journal/article/view/97/47>
2. Tuning Educational Structures in Europe. Available at: <http://unideusto.org/tuningeu/>
3. Khenner, E. K. (2018). Professional knowledge and professional competencies in higher education. *The Education and science journal*, 20 (2), 9–31. doi: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-9-31>
4. Professional'nye standarty i tsenry sertifikatsii (NSK). Available at: <https://atameken.kz/ru/services/16-professionalnyye-standarty-i-tsenry-sertifikatsii-nsk>
5. Association of Classical Universities of Russia. Available at: <http://www.acur.msu.ru/ru/developments.php>
6. Karavaeva, E. V. (2014). Recommended procedure for higher education programs design. *Higher Education in Russia*,

- 8-9, 5–15. Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/792>
7. Glazunova, O. G., Voloshyna, T. V., Dorosh, N. (2017). Development of professional and soft skills of future IT specialists in cooperation with leading IT companies. *Information Technologies and Learning Tools*, 60 (4), 141. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v60i4.1697>
 8. Tomlinson, M. (2016). Introduction: Graduate Employability in Context: Charting a Complex, Contested and Multi-Faceted Policy and Research Field. *Graduate Employability in Context*, 1–40. doi: https://doi.org/10.1057/978-1-137-57168-7_1
 9. Lechner, C. M., Tomasik, M. J., Silbereisen, R. K. (2016). Preparing for uncertain careers: How youth deal with growing occupational uncertainties before the education-to-work transition. *Journal of Vocational Behavior*, 95-96, 90–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2016.08.002>
 10. Heijde, C. M. V. D., Van Der Heijden, B. I. J. M. (2006). A competence-based and multidimensional operationalization and measurement of employability. *Human Resource Management*, 45 (3), 449–476. doi: <https://doi.org/10.1002/hrm.20119>
 11. Caggiano, V., Schleutker, K., Petrone, L., González-Bernal, J. (2020). Towards Identifying the Soft Skills Needed in Curricula: Finnish and Italian Students' Self-Evaluations Indicate Differences between Groups. *Sustainability*, 12 (10), 4031. doi: <https://doi.org/10.3390/su12104031>
 12. Tatum, B. C. (2019). Developing and Evaluating Educational Programs. *Developing and Evaluating Educational Programs*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.89574>
 13. Warn, J., Tranter, P. (2001). Measuring Quality in Higher Education: A competency approach. *Quality in Higher Education*, 7 (3), 191–198. doi: <https://doi.org/10.1080/13538320120098078>
 14. Galimzyanov, H. M., Popov, E. A., Storozheva, Yu. A. (2017). Formirovanie i otsenka kompetentsiy v protsesse osvoeniya obrazovatel'nyh programm FGOS VO. Astrahan', 74.
 15. Solovova, N. V., Rudneva, T. I., San'ko, A. M. (2015). Menedzhment obrazovaniya: metodicheskie rekomendatsii. Samara, 45.
 16. Solovova, N. V. (2015). Formirovanie i otsenka kompetentsiy. Samara, 79.
 17. Hussey, T., Smith, P. (2003). The Uses of Learning Outcomes. *Teaching in Higher Education*, 8 (3), 357–368. doi: <https://doi.org/10.1080/13562510309399>
 18. Dovbysh, A., Shelekhov, I., Khibovska, Ju., Matiash, O. (2021). Information and analytical system for assessing the compliance of educational content specialties cyber security with modern requirements. *Radioelectronic and computer systems*, 1 (97), 70–80. doi: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.1.06>
 19. Best Practices Guide for Developing Educational Programs: Environmental and Energy Technology (2014). ATEEC, 56. Available at: http://ateec.org/wp-content/uploads/2014/03/Best_Practices.pdf
 20. Effective Practices for Educational Program Development (2018). The Academic Senate for California Community Colleges, 36. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED591935.pdf>
 21. Wedell, M. (2009). Planning for Educational Change. Putting people and their contexts first. Bloomsbury Publishing, 194.
 22. Strukturno-logicheskie skhemy kak instrument aktivizatsii poznavatel'noy deyatel'nosti studentov. Available at: https://portal.tpu.ru/eL/img/Tab4/lavrinenko_pdf.pdf
 23. Khapaeva, S. (2014). Learning outcomes: approaches to the identification and assessment. *Vestnik Universiteta*, 19, 79–86. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-obucheniya-podhody-k-vyyavleniyu-i-otsenke>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239212
COMBINED APPROACH ARCHITECTURE
DEVELOPMENT TO SIMULATION MODELING OF
SYSTEMS WITH PARALLELISM (p. 74–82)

Oksana Suprunenko

Bohdan Khmelnytsky National University
of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4917-2431>

Paradigms and graphical-analytical tools for building simulation tools and forming the architecture of a combined approach to studying the dynamic properties of systems with parallelism are described. An extension of the formal language of Petri nets is presented, which has greater modeling power than WF nets. The properties of hierarchical Petri nets are used to synthesize a holistic model.

Discrete-event modeling and modeling of dynamic systems, which allow reflecting the quantitative and qualitative characteristics of the elements of the systems under study, served as the basis for the combined approach to the simulation of systems with parallelism. On their basis, graphic-analytical tools are proposed that provide the ability to describe the modeled system, adhering to the principle of structural similarity. They have dynamic simulations that make it easy to visually analyze and correct the model. Also, the proposed toolkit provides for the analysis of the dynamic properties of the model, which makes it possible to identify accumulated phenomena that can lead to unpredictability of the system's functioning.

A conceptual model for the synthesis and analysis of systems with parallelism is proposed, which provides for the construction of the components of the model based on the architecture. Their step-by-step analysis and the formation of an integral model of the software system are carried out using a network representation, according to the matrix description of which invariants are calculated. The analysis of invariants allows one to obtain the dynamic properties of the model and determine the localization of structures that lead to critical situations when they are detected.

The architecture of the combined approach to the simulation of systems with parallelism is built, which provides the study of their dynamic properties to improve the reliability of the functioning of software systems.

Keywords: architecture of the combined approach, formal languages of Petri nets, dynamic modeling tools.

References

1. Stoian, V. A. (2008). Modeliuvannia ta identyfikatsiya dynamiky system iz rozpodilenyh parametramy. Kyiv: Kyivskiy universytet, 201.
2. Strogalev, V. P., Tolkacheva, I. O. (2008). Imitatsionnoe modelirovanie. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 280.
3. Samarskiy, A. A., Mihaylov, A. P. (2001). Matematicheskoe modelirovanie. Idei. Metody. Primery. Moscow: Fizmatlit, 320.
4. Suprunenko, O. (2013). Paradigms of simulation modeling in studying complex parallel systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (65)), 63–67. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/18353/16394>

5. Sergienko, I. V. (2018). Mathematical and program modeling of complicated systems using supercomputer technologies. *Visnik Nacional'noi' Akademii' Nauk Ukraïni*, 3, 39–48. doi: <https://doi.org/10.15407/visn2018.03.039>
6. Karpov, Yu. G. (2005) *Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5*. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 400.
7. Braude, E. (2004). *Tekhnologiya razrabotki programnogo obespecheniya*. Sankt-Peterburg: Piter, 655. Available at: http://www.immsp.kiev.ua/postgraduate/Biblioteka_trudy/TekhnologiyaRazrabProgrBraude2004.pdf
8. Van Hee, K. (2002). *Workflow management: models, methods, and systems*. The MIT Press. doi: <https://doi.org/10.7551/mitpress/7301.001.0001>
9. Karpov, Yu. G. (2010). *Model Checking. Verifikatsiya paralel'nyh i raspredelennyh programnyh sistem*. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 560.
10. Kuzmuk, V. V., Suprunenko, O. A. (2014). The means for the description of information flows in dynamic models of medical hardware-software systems. *Theoretical & Applied Science*, 7 (15), 11–18. doi: <https://doi.org/10.15863/tas.2014.07.15.2>
11. Van der Aalst, W. M. P. (2013). *Business Process Management: A Comprehensive Survey*. ISBN Software Engineering, 2013, 1–37. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/507984>
12. Jensen, K., Rozenberg, G. (Eds.) (1991). *High-level Petri Nets: Theory and Application*. Springer, 724. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-84524-6>
13. Kuz'muk, V. V., Suprunenko, O. O. (2010). *Modifitsirovannyye seti Petri i ustroystva modelirovaniya paralel'nyh protsessov*. Kyiv: Maklout, 252.
14. Peterson, Dzh. (1984). *Teoriya setey Petri i modelirovanie sistem*. Moscow: Mir, 264.
15. Lomazova, I. A. (2004). *Vlozhennyye seti Petri: modelirovanie i analiz raspredelennyh sistem s obektnoy strukturoy*. Moscow: Nauchnyy mir, 208.
16. Lomazova, I. A. (2009). *Adaptivnoe i dinamicheskoe modelirovanie potokov rabot na osnove vzaimodeystvuyuschih setey Petri. Metody i sredstva obrabotki informatsii*. Trudy III Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Moscow: Izdatel'skiy otdel fakul'teta vychislitel'noy matematiki i kibernetiki MGU, 32–37.
17. Bashkin, V. A. (2012). Approximating bisimulation in one-counter nets. *Automatic Control and Computer Sciences*, 46, 317–323. doi: <https://doi.org/10.3103/s014641161207005x>
18. Bashkin, V. A. (2017). On the Resource Equivalences in Petri nets with Invisible Transitions. *Petri Nets and Software Engineering (PNSE'17)*. Zaragoza, 51–68.
19. Belusso, C. L. M., Sawicki, S., Roos-Frantz, F., Frantz, R. Z. (2016). A Study of Petri Nets, Markov Chains and Queueing Theory as Mathematical Modelling Languages Aiming at the Simulation of Enterprise Application Integration Solutions: A First Step. *Procedia Computer Science*, 100, 229–236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.147>
20. Kuz'min, E. V., Sokolov, V. A. (2005). *Vpolne strukturirovannyye sistemy pomechennyh perekhodov*. Moscow: Fizmatlit, 176.
21. Hack, M. (1975). *Decision Problems for Petri Nets and Vector Addition Systems*, Computation Structures Group Memo 95, Project MAC. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, March 1974, pp. 79. revised as Memo 95-1, August 1974; Technical Memo 59, Project MAC, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, March 1975, pp. 7.
22. Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE*, 77 (4), 541–580. doi: <https://doi.org/10.1109/5.24143>
23. Suprunenko, O. O. (2019). Combined approach to simulation modeling of the dynamics of software systems based on interpretations of Petri nets. *KPI Science News*, 5-6, 43–53. doi: <https://doi.org/10.20535/kpi-sn.2019.5-6.174596>
24. Nesterenko, B. B., Novotarskiy, M. A. (2007). *Algebra protsessov dlya modelirovaniya slozhnyh sistem s real'noy rabochey nagruzkoy. Reiestratsiya, zberihannia ta obrobka danykh*, 9 (4), 49–59.

АНОТАЦІЇ

MATHEMATICS AND CYBERNETICS – APPLIED ASPECTS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238208

ЗНАХОДЖЕННЯ УМОВ ІСНУВАННЯ ОБМЕЖЕНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ СЛАБО НЕЛІНІЙНИХ ІМПУЛЬСНИХ СИСТЕМ (с. 6–12)

Ф. А. Асоров, О. В. Перегуда, В. В. Собчук, А. В. Сукретна

Процеси із скачкоподібними змінами спостерігаються у механіці (рух пружини при ударному впливі, робота годинникового механізму), в радіотехніці (генерація імпульсів), в біології (робота серця, поділ клітин). Тому якісне дослідження імпульсних систем є актуальною задачею в сучасній теорії математичного моделювання.

Досліджується проблема існування обмежених розв'язків на всій дійсній осі (на півосі) слабо нелінійних систем диференціальних рівнянь з імпульсними збуреннями у фіксовані моменти часу.

Введено поняття регулярної і слабо регулярної системи рівнянь для класу слабо нелінійних імпульсних систем диференціальних рівнянь. Отримані достатні умови існування обмеженого розв'язку для неоднорідної системи диференціальних рівнянь у випадку слабо регулярності відповідної однорідної системи рівнянь. Встановлено умови існування єдиності обмеженого розв'язку на всій осі для слабо нелінійних імпульсних систем. Отримані результати застосовані до дослідження обмежених розв'язків систем з імпульсною дією більш загального вигляду. Отримані умови дозволяють застосувати класичні методи диференціальних рівнянь для одержання тверджень про розв'язність та неперервну залежність розв'язків від параметрів імпульсної системи. Показано, що класичні якісні методи дослідження диференціальних рівнянь в основному природним чином переносяться на динамічні системи з розривними траєкторіями. Разом з тим, наявність імпульсної дії породжує ряд нових специфічних задач.

Теорія систем з імпульсним впливом має широке коло застосувань. Такі системи виникають при вивченні імпульсних систем автоматичного регулювання, при математичному моделюванні різноманітних механічних, фізичних, біологічних та інших процесів.

Ключові слова: диференціальні рівняння, імпульсна система, обмежені розв'язки, функція Гріна-Самойленка, регулярні розв'язки.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238155

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСФОРМАЦІЇ НОРМОВАНОЇ ЧАСТОТНОЇ ФУНКЦІЇ РОЗУЗГОДЖЕННЯ КОГЕРЕНТНОЇ ПАЧКИ РАДІОІМПУЛЬСІВ НА ЯКІСТЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ ЗА ЧАСТОТОЮ (с. 13–22)

С. П. Євсєєв, О. Л. Кузнєцов, О. В. Бєсова, Д. Л. Кириченко, О. В. Лукашук, С. В. Мілевський, С. С. Погасій, І. Г. Гусарова, А. О. Голоскокова, В. А. Собченко

Обґрунтовано необхідність дослідження впливу трансформації частотної функції розузгодження когерентної пачки радіоімпульсів на якість вирішення завдання радіолокаційного розділення за частотою. Це рішення визначає ефективність радіолокаційного спостереження високошвидкісних та маневруючих поодиноких і групових аеродинамічних об'єктів. Запропоновано метод оцінювання впливу трансформації нормованої частотної функції розузгодження когерентної пачки радіоімпульсів на якість радіолокаційного розділення за частотою. Основу методу складають отримані в явному вигляді вирази для розрахунку нормованої частотної функції розузгодження когерентної пачки радіоімпульсів із врахуванням її трансформації внаслідок радіального руху високошвидкісних та маневруючих поодиноких і групових аеродинамічних об'єктів. Проведено оцінювання потенційної міри роздільної здатності за частотою пачок з різною кількістю радіоімпульсів з типовими параметрами для когерентно-імпульсного радіолокатору. Оцінено можливі значення міри роздільної здатності за частотою за умовою адитивного впливу некорельованого внутрішнього шуму приймального пристрою радіолокатору та мультиплікативного впливу корельованих фазових флуктуацій радіолокаційного сигналу. За умови несуттєвого мультиплікативного впливу корельованих фазових флуктуацій збільшення кількості радіоімпульсів пачки удвічі забезпечує покращення міри роздільної здатності за частотою (зменшення ширини нормованої частотної функції розузгодження) на 100 %. При переважному мультиплікативному впливі цих флуктуацій збільшення кількості радіоімпульсів удвічі викликає покращення міри роздільної здатності за частотою приблизно на 40 %. Розроблений метод має важливе теоретичне та практичне значення для подальшого розвитку теорії радіолокації високошвидкісних та маневруючих поодиноких і групових аеродинамічних об'єктів.

Ключові слова: когерентна пачка радіоімпульсів, міра роздільної здатності, функція розузгодження, фазові флуктуації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239149

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ОБРАЗНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ СИМЕТРИЧНИХ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ (с. 23–39)

М. Т. Соломко, П. О. Тадеєв, Л. В. Зубик, С. М. Бабич, Ю. А. Мала, О. П. Войтович

Проведеними дослідженнями встановлена можливість збільшення ефективності методу образних перетворень для мінімізації симетричних булевих функцій в основному та поліномному базисах. Виявлено перспективні резерви аналітичного методу, як то спрощення кон'юнктермів поліномних функцій за допомогою створених рівносильних перетворень на основі методу вставки однакових кон'юнктермів з наступною операцією супер-склеювання змінних.

Поширення методу образних перетворень на процес мінімізації симетричних булевих функцій здійснено за допомогою алгебри у частині правил спрощення функцій основного та поліномного базисів та розроблених рівносильних перетворень кон'юнктермів. Встановлено, що спрощення симетричних булевих функцій методом образних перетворень ґрунтується на блок-схемі з повторенням, якою є власне таблиця істинності заданої функції. Це є достатнім ресурсом для мінімізації симетричних булевих функцій та дозволяє обходитись без допоміжних об'єктів, як то Карти Карно, куби та ін.

Досконалу нормальну форму симетричних функцій можна подати бінарними матрицями, які будуть представляти терми симетричних булевих функцій та операцію OR або XOR для них.

Експериментальними дослідженнями підтверджено, що метод образних перетворень, який використовує комбінаторні системи $2-(n, b)$ -design та $2-(n, x/b)$ -design, підвищує ефективність мінімізації симетричних булевих функцій. У порівнянні з аналогами це дає змогу підвищити продуктивність мінімізації симетричних булевих функцій на 100–200 %.

Є підстави стверджувати про можливість збільшення ефективності мінімізації симетричних булевих функцій в основному та поліноміальному базисах методом образних перетворень. Це забезпечується, зокрема, шляхом використання розроблених рівносильних перетворень кон'юнктерів поліномних функцій на основі методу вставки однакових кон'юнктерів з наступною операцією суперсклеювання змінних.

Ключові слова: мінімізація симетричних булевих функцій методом образних перетворень, сингулярна функція, основний базис.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238024

ПОБУДОВА КУБАТУРНИХ ФОРМУЛ ТИПУ СТЕКЛОВА ДЛЯ СКІНЧЕННОГО ЕЛЕМЕНТА В ВИГЛЯДІ БІПІРАМІДИ (с. 40–46)

А. П. Мотайло, Г. Я. Тулученко

В роботі побудовані кубатурні формули для скінченного елемента в вигляді біпіраміди, які мають другий алгебраїчний порядок точності. Запропоновані формули явно враховують параметр деформації біпіраміди, що важливо при використанні нерівномірних сіток. Кубатурні формули отримані при застосуванні двох схем розташування вузлів інтерполяції на осях багатогранника: симетричної та несиметричної. Визначено проміжки зміни параметра видовження (стиснення) півосі біпіраміди, на яких вузли інтерполяції побудованих формул належать області інтегрування, а вагові коефіцієнти є додатними, що гарантує стійкість обчислень за даними кубатурними формулами. Якщо параметр деформації біпіраміди дорівнює одиниці, тоді обидві кубатурні формули є справедливими для октаедра та мають третій алгебраїчний порядок точності.

Отримані формули дозволяють знаходити елементи локальної матриці жорсткості на скінченному елементі в формі біпіраміди. При розрахунках зі скінченною кількістю розрядів виникає похибка округлень, яка має однаковий порядок для кожної з двох кубатурних формул.

Знайдено інтервали зміни параметра видовження (стиснення) півосі біпіраміди, які відповідають вимогам щодо відхилень об'єму біпіраміди від об'єму октаедра, які використовує програмний комплекс ANSYS.

Серед побудованих кубатурних формул для біпіраміди обрано оптимальну за точністю обчислень формулу, яка отримана при застосуванні симетричної схеми розташування вузлів відносно центра біпіраміди. Дана формула є інваріантною відносно будь-яких афінних перетворень локальної системи координат біпіраміди. Побудовані кубатурні формули можуть бути включені до бібліотек методів наближеного інтегрування програмних комплексів, що реалізують метод скінченних елементів.

Ключові слова: біпіраміда, октаедр, матриця жорсткості, кубатурна формула, вузли інтерполяції, вагові коефіцієнти.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239148

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ СТІЙКИХ РОЗВ'ЯЗКІВ РІВНЯННЯ СЕН-ВЕНАНА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОТИПОТОКОВОЇ НЕЯВНОЇ РІЗНИЦЕВОЇ СХЕМИ (с. 47–56)

Rakhmatillo Alov, Abdumavlen Berdyshev, Aziza Akbarova, Zharasbek Baishemirov

Проблема чисельного визначення стійких за Ляпуновим (експоненціальна стійкість) розв'язків системи рівнянь Сен-Венана досі залишалася відкритою. Авторами цієї статті раніше була запропонована неявна протипотокова різницева схема розщеплення, проте не була вказана її практична застосовність. У даній роботі ця проблема вирішена успішно, а саме розроблений, а також реалізований алгоритм розрахунку стійких за Ляпуновим розв'язків системи рівнянь Сен-Венана за допомогою протипотокової неявної різницевої схеми розщеплення на прикладі Великого Алматинського каналу (далі ВАК). В результаті застосування запропонованого алгоритму було встановлено, що:

- 1) вдалося провести обчислювальний розрахунок задачі чисельного визначення рівня і швидкості води на частині ВАК (10000 метрів), розташованого в Алматинській області;
- 2) чисельні значення висоти рівня і горизонтальної швидкості води узгоджуються з фактичними вимірами параметрів водного потоку в ВАК;
- 3) запропонований обчислювальний алгоритм стійкий;
- 4) чисельне стаціонарне рішення системи рівнянь Сан-Венана на прикладі ВАК стійке за Ляпуновим (експоненціально стійке);
- 5) отримані результати (по ВАК) за розрахунковим часом показують ефективність розробленого алгоритму на основі неявної протипотокової різницевої схеми, оскільки, значення кроку різницевої сітки за часом вдалося збільшити до 0,8 для розрахунку чисельного рішення за запропонованою неявною схемою.

Ключові слова: рівняння Сен-Венана, гіперболічна система, неявна схема, протипотокова різницева схема, стійкість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238318

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕПОВНИХ ДУБЛІКАТІВ В ЕЛЕКТРОННИХ НАУКОВИХ ПРАЦЯХ (с. 57–63)

П. П. Лізунов, А. О. Білощицький, О. Ю. Кучанський, Ю. В. Андрашко, С. В. Білощицька, О. О. Сербін

Описано методи ідентифікації неповних дублікатів у електронних наукових працях, які включають контент одного типу, наприклад, текстові дані, математичні формули, числові дані тощо. Для текстових даних формалізовано метод локально-чутливого гешування зі знаходженням відстані Гемінга між елементами індексів електронних наукових праць. В разі, якщо відстань Гемінга перевищує

фіксований числовий поріг, наукова праця містить неповний дублікат. Для числових даних формуються підпоследовності для кожної наукової праці та визначається близькість між працями як відстань Евкліда між векторами, що складаються з чисел даних підпоследовностей. Для порівняння математичних формул використовується метод порівняння зразків формул та порівнюються найменування змінних. Для ідентифікації неповних дублікатів у графічній інформації виділяється два напрямки: знаходження ключових точок на рисунку та застосування локально-чутливого ґешування для окремих пікселів рисунка. Оскільки наукові праці часто включають такі об'єкти як схеми та діаграми, то підписи до них досліджуються окремо з використанням методів порівняння текстової інформації. Запропоновано комбінований метод ідентифікації неповних дублікатів у електронних наукових працях, що поєднує в собі методи ідентифікації неповних дублікатів даних різних типів. Для реалізації комбінованого методу ідентифікації неповних дублікатів у електронних наукових працях розроблено інформаційно-аналітичну систему, що опрацьовує наукові матеріали залежно від типу контенту. Це дозволяє якісно ідентифікувати неповні дублікати і максимально широко виявити можливі зловживання та плагіат у електронних наукових працях: наукових статтях, дисертаційних роботах, монографіях, матеріалах конференції тощо.

Ключові слова: неповний дублікат, електронна наукова праця, система антиплагіат, локально-чутливе ґешування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238874

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ ЗМІСТУ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ МАКСИМАЛЬНОЇ КОРИСНОСТІ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ В ПРОФЕСІЙНІЙ СФЕРІ (с. 64–73)

Н. В. Астапенко, К. Т. Кошекoв, Г. В. Пономарьoв, Б. К. Сейдахметoв, І. О. Федoров, Д. В. Зуєв

Стрімке зростання та виникнення проривних технологій в інфокомунікаційній області вимагає щорічного корегування та модернізації навчальних планів з дисциплін спеціалізації відповідно до актуальних вимог ринку. Пропонується спосіб оперативного реагування освітнього середовища під вимоги зовнішнього середовища, заснований на створенні пулу затребуваних результатів навчання. Об'єктом дослідження є процес формування затребуваного змісту дисциплін спеціалізації.

Описано формалізований метод формування змісту навчальних дисциплін спеціалізації максимальної корисності для реалізації в професійній сфері на підставі експертних оцінок представників ринку праці. Розроблено алгоритм для знаходження безлічі результатів навчання за виявлених умов. Алгоритм заснований на оцінці ефективності результатів навчання. Реалізовано програмний засіб, що включає базу даних і два компоненти: web-інтерфейс для збору та первинної обробки інформації та програмний модуль на C++ для автоматизації основного алгоритму. Підсумком роботи програмного засобу є пул результатів навчання, рекомендований для впровадження в зміст освітньої програми.

Представлені результати експериментального дослідження за тестовими даними, які підтвердили точність обчислень програмного компонента. Верифікація даних у напрямку web-технологій та web-програмування дозволила виявити список результатів навчання для впровадження в освітню програму «Інформаційні системи». Розроблений в результаті дослідження алгоритм може бути використаний для формування затребуваного змісту елементів освітніх програм в будь-якій галузі. Передбачається розвиток запропонованого методу при створенні інтерактивних навчальних програм за технологічними процесами ремонту авіаційної техніки на підприємствах авіаційної галузі.

Ключові слова: результат навчання, зміст дисциплін, освітні програми вищої освіти, автоматизований метод.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239212

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ З ПАРАЛЕЛІЗМОМ (с. 74–82)

О. О. Супруненко

Описані парадигми і графоаналітичний інструментарій для побудови засобів імітаційного моделювання та формування архітектури комбінованого підходу вивчення динамічних властивостей систем з паралелізмом. Представлене розширення формальної мови мереж Петрі, яке має більшу потужність моделювання ніж WF-мережі. Властивості ієрархічних мереж Петрі використовуються для синтезу цілісної моделі.

Підґрунтям для комбінованого підходу до імітаційного моделювання систем з паралелізмом виступили дискретно-подієве моделювання та моделювання динамічних систем, які дозволяють відображати кількісні та якісні характеристики елементів в одній моделі. На їх основі запропоновано графоаналітичні інструментальні засоби, які надають можливість опису модельованої системи, дотримуючись принципу структурної подібності. Вони мають засоби динамічної імітації, що спрощує візуальний аналіз та коригування моделі. Також запропонований інструментарій передбачає аналіз динамічних властивостей моделі, який дозволяє виявляти накопичені явища, що можуть призвести до непередбачуваного функціонування системи.

Запропоновано концептуальну модель синтезу та аналізу систем з паралелізмом, яка передбачає побудову складових моделі на основі архітектурного рішення. Їх поетапний аналіз та формування цілісної моделі програмної системи здійснюється з використанням мережевого представлення, за матричним описом якого розраховуються інваріанти. Аналіз інваріантів дозволяє отримати динамічні властивості моделі та визначити локалізацію конструкцій, що приводять до критичних ситуацій при їх виявленні.

Побудовано архітектуру комбінованого підходу до імітаційного моделювання систем з паралелізмом, яка забезпечує вивчення їх динамічних властивостей для підвищення надійності функціонування програмних систем.

Ключові слова: архітектура комбінованого підходу, формальні мови мереж Петрі, засоби динамічного моделювання.