

## ABSTRACT AND REFERENCES

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301227

**ESTIMATION OF IT-PROJECT EFFORTS FOR INFORMATION SYSTEM CREATION IN THE CONDITIONS OF RE-USE OF ITS FUNCTIONS (p. 6–19)****Viktor Levykin**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-515X>**Maksym Ievlanov**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>**Olga Neumyvakina**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6936-6543>**Ihor Levykin**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8086-237X>**Artem Nakonechnyi**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6675-070X>

The object of this study is the process of estimation and control of an IT project.

During the study, the problem of increasing the accuracy of estimating the efforts of an IT project to build an information system (IS) was solved. Research in this area is aimed at simplifying the original assessment methods or at applying elements of artificial intelligence to these methods. The task of the impact of the features of IS development methodology on effort assessment remains unexplored.

During the study, the method of functional point analysis was modified. The proposed modification makes it possible to increase the accuracy of estimating efforts to build an IS under the conditions of re-using its individual functions. These conditions allow the construction of new system functions by reusing a previously developed function of the same system.

The developed method was tested during the evaluation of efforts of an IT project to form the functional task “Forming and executing an individual plan for a research and teaching staff member of the department.” The option of re-using one of the functions of a task during the construction of two other functions of the same task is considered. For this option, the estimate was 72 function points (the estimate using the standard method was 144 function points).

The use of the results allows us to increase the accuracy in assessing the efforts of IT projects to construct IS under the conditions of applying the methodology of reuse of previously developed system elements. This, in turn, makes it possible to improve the accuracy of estimating time costs, personnel requirements, and financial costs for the implementation of IT projects for constructing IS.

The results obtained are used to solve the task of estimating efforts during the planning of IT projects for developing information systems and their software.

**Keywords:** IT project, effort, parametric estimation, functional point, information system, re-use.

**References**

1. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (2008). Project Management Institute, Inc., 459. Available at: <https://www.pmi.org/publications/pmbok-guide>

at: <https://catalog.loc.gov/vwebv/holdingsInfo?searchId=15282&ecCount=25&recPointer=57&bibId=17154406>

2. A guide to the project management body of knowledge. The PM-BOK Guide (2021). Project Management Institute, Inc., 370. Available at: <https://pmiukraine.org/pmbok7>
3. COCOMO II Model Definition Manual. Available at: [https://athena.ecs.csus.edu/~buckley/CSc231\\_files/Cocomo\\_II\\_Manual.pdf](https://athena.ecs.csus.edu/~buckley/CSc231_files/Cocomo_II_Manual.pdf)
4. Eduardo Carbonera, C., Farias, K., Bischoff, V. (2020). Software development effort estimation: a systematic mapping study. *IET Software*, 14 (4), 328–344. <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2018.5334>
5. Function point counting practices manual. Release 4.3.1. IF-PUG. Available at: <https://ifpug.mclms.net/en/package/9832/course/18997/view>
6. de Freitas Junior, M., Fantinato, M., Sun, V. (2015). Improvements to the Function Point Analysis Method: A Systematic Literature Review. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62 (4), 495–506. <https://doi.org/10.1109/tem.2015.2453354>
7. Lavazza, L. (2017). On the Effort Required by Function Point Measurement Phases. *International Journal on Advances in Software*, 10 (1&2), 108–120. Available at: [https://web.archive.org/web/20180412232204/http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=soft\\_v10\\_n12\\_2017\\_8](https://web.archive.org/web/20180412232204/http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=soft_v10_n12_2017_8)
8. Shah, J., Kama, N., Ismail, S. A. (2018). An Empirical Study with Function Point Analysis for Software Development Phase Method. *Proceedings of the 7th International Conference on Software and Information Engineering*. <https://doi.org/10.1145/3220267.3220268>
9. Shah, J., Kama, N. (2018). Extending Function Point Analysis Effort Estimation Method for Software Development Phase. *Proceedings of the 2018 7th International Conference on Software and Computer Applications*. <https://doi.org/10.1145/3185089.3185137>
10. Lima Júnior, O. de S., Muniz Farias, P. P., Dias Belchior, A. (2018). A Fuzzy Model for Function Point Analysis to Development and Enhancement Project Assessments. *CLEI Electronic Journal*, 5 (2). <https://doi.org/10.19153/cleiej.5.2.4>
11. Zhang, K., Wang, X., Ren, J., Liu, C. (2021). Efficiency Improvement of Function Point-Based Software Size Estimation With Deep Learning Model. *IEEE Access*, 9, 107124–107136. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2998581>
12. Rohayani, H., Gaol, F. L., Soewito, B., Spits Warnars, H. L. H. (2017). Estimated measurement quality software on structural model academic system with Function Point Analysis. *2017 International Conference on Applied Computer and Communication Technologies (ComCom)*. <https://doi.org/10.1109/comcom.2017.8167085>
13. de Freitas, M., Fantinato, M., Sun, V., Thom, L. H., Garaj, V. (2020). Function Point Tree-Based Function Point Analysis: Improving Reproducibility Whilst Maintaining Accuracy in Function Point Counting. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 182–209. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40783-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40783-4_10)
14. Prokopova, Z., Silhavy, P., Silhavy, R. (2018). Influence Analysis of Selected Factors in the Function Point Work Effort Estimation. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 112–124. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00184-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00184-1_11)
15. Alkazemi, B. Y., Nour, M. K., Sahraoui, A.-E.-K. (2014). Guidelines for Designing Reusable Software Components. *International Journal of Computer and Information Technology*, 03 (06), 1356–1361. Available at: <https://www.ijcit.com/archives/volume3/issue6/Paper030626.pdf>

16. Meyer, M. H., Osiyevskyy, O., Libaers, D., van Hugten, M. (2017). Does Product Platforming Pay Off? *Journal of Product Innovation Management*, 35 (1), 66–87. <https://doi.org/10.1111/jpim.12378>
17. Systems and software engineering – Software life cycle processes (ISO/IEC/IEEE 12207:2017). Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/63712.html>
18. Ievlanov, M., Solovieva, E. (2014). Unification of methods for estimating the cost of creating modern information systems. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu im. Mykhaila Ostrohradskoho*, 5/2014 (88), 62–67. Available at: [http://visnikkrmu.kdu.edu.ua/statti/2014\\_5\\_62.pdf](http://visnikkrmu.kdu.edu.ua/statti/2014_5_62.pdf)
19. Ievlanov, M., Vasiltcova, N., Neumyvakina, O., Panforova, I. (2022). Development of a method for solving the problem of it product configuration analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269133>
2. Kungurtsev, O., Novikova, N., Reshetnyak, M., Cherepinina, Y., Gromaszek, K., Jarykbassov, D. (2019). Method for defining conceptual classes in the description of use cases. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019*. <https://doi.org/10.1117/12.2537070>
3. Kungurtsev, O. B., Novikova, N. O. (2020). Identification of class models imperfection. *Herald of Advanced Information Technology*, 3 (2), 13–22. <https://doi.org/10.15276/hait.02.2020.1>
4. Rashidi, H., Parand, F. A. (2019). On Attributes of Objects in Object-Oriented Software Analysis. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 30 (3), 341–352. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.30.3.341>
5. Ülter, Ü., Berk, E. (2016). Queuing Theory. *Decision Sciences*, 287–348. <https://doi.org/10.1201/9781315183176-7>
6. Komleva, N., Liubchenko, V., Zinovatna, S. (2020). Improvement of teaching quality in the view of a resource-based approach. *CEUR Workshop Proceedings*, 2740, 262–277. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2740/20200262.pdf>
7. Pang, X., Wang, Z., He, Z., Sun, P., Luo, M., Ren, J., Ren, K. (2023). Towards Class-Balanced Privacy Preserving Heterogeneous Model Aggregation. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 20 (3), 2421–2432. <https://doi.org/10.1109/tdsc.2022.3183170>
8. Otu, G. A., Usman, S. A., Ugbe, R. U., Iheagwara, S. E., Okafor, A. C., Okonkwo, F. I. et al. (2023). Comparative analysis of aggregation and inheritance strategies in incremental program development. *Fudma Journal Of Sciences*, 7 (2), 57–64. <https://doi.org/10.33003/fjs-2023-0702-1710>
9. Zhang, S. G. (2021). An In-Depth Understanding of Aggregation in Domain-Driven Design. Available at: [https://www.alibabacloud.com/blog/an-in-depth-understanding-of-aggregation-in-domain-driven-design\\_598034](https://www.alibabacloud.com/blog/an-in-depth-understanding-of-aggregation-in-domain-driven-design_598034)
10. Afolalu, S. A., Babaremu, K. O., Ongbali, S. O., Abioye, A. A., Abdulkareem, A., Adejuyigbe, S. B. (2019). Overview Impact Of Application Of Queuing Theory Model On Productivity Performance In A Banking Sector. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378 (3), 032033. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/3/032033>
11. Lakshmi, C., Appa Iyer, S. (2013). Application of queueing theory in health care: A literature review. *Operations Research for Health Care*, 2 (1-2), 25–39. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2013.03.002>
12. Wang, N., Roongnat, C., Rosenberger, J. M., Menon, P. K., Subbarao, K., Sengupta, P., Tandale, M. D. (2018). Study of time-dependent queuing models of the national airspace system. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 108–120. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.014>
13. Adeniran, Dr. A., Sani Burodo, M., Suleiman, Dr. S. (2022). Application of Queuing Theory and Management of Waiting Time Using Multiple Server Model: Empirical Evidence From Ahmadu Bello University Teaching Hospital, Zaria, Kaduna State, Nigeria. *International Journal of Scientific and Management Research*, 05 (04), 159–174. <https://doi.org/10.37502/ijmsr.2022.5412>
14. Nor, A. H. A., Binti, N. S. H. (2018). Application of Queuing Theory Model and Simulation to Patient Flow at the Outpatient Department. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bandung*, 3016–3028. Available at: <https://ieomsociety.org/ieom2018/papers/694.pdf>
15. Kumar, R. (2020). Queuing system. Chap. 4. Modeling and Simulation Concepts. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/346721926\\_Book\\_Chapter\\_-\\_queueing\\_system](https://www.researchgate.net/publication/346721926_Book_Chapter_-_queueing_system)
16. De Clercq, S., Walraevens, J. (2020). Delay analysis of a two-class priority queue with external arrivals and correlated arrivals from another node. *Annals of Operations Research*, 293 (1), 57–72. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03548-1>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301011**

### **IMPLEMENTATION OF CLASS INTERACTION UNDER AGGREGATION CONDITIONS (p. 20–30)**

**Oleksii Kungurtsev**

Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3207-7315>

**Natalia Komleva**

Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9627-8530>

The object of research is the implementation of relations between software classes. It is shown that when implementing the aggregation relationship between classes, errors may occur if more than one client class is found. Class interaction errors can be caused by management of resource class attributes by one of the client classes in a way that is unacceptable to another client class due to invalid attribute values, state changes, method blocking, etc. To solve the problem, a special organization of the queue for client classes is proposed. A feature of the queue is the use of models of client classes and resource class. The model of a resource class provides an idea about its resources (attributes and methods) and how they are used. The client class model shows how much of these resources will be used by the client and how this will be done. This organization of the queue makes it possible to provide resources to the next client class only after checking its compatibility with active client classes. In general, client classes have different types, and this complicates the organization of the queue. Therefore, it is proposed to make them derived from the base class, which defines the interface for the queue. Similarly, the problem of the interaction of the class-resource with the queue is solved. The proposed base class for the resource class also provides the necessary queue interface.

Software was developed that automates the process of converting classes: analysis of a resource class, determination of resource needs from client classes, construction of base classes. After the conversion is completed, the queue functions are supported. The study results verification showed a reduction in the time for converting classes by about three times, and the waiting time for access to resources during the work of the queue – at least two times.

**Keywords:** aggregation relationship, class-client, class-resource, mathematical model, queue of class objects, class conversion, software.

#### **References**

1. Bontchev, B., Milanova, E. (2020). On the Usability of Object-Oriented Design Patterns for a Better Software Quality. *Cybernetics and Information Technologies*, 20 (4), 36–54. <https://doi.org/10.2478/cait-2020-0046>

17. Walulya, I., Chatterjee, B., Datta, A. K., Niyolia, R., Tsigas, P. (2018). Concurrent Lock-Free Unbounded Priority Queue with Mutable Priorities. *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems*, 365–380. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03232-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03232-6_24)
18. Hou, J., Zhao, X. (2019). Using a priority queuing approach to improve emergency department performance. *Journal of Management Analytics*, 7 (1), 28–43. <https://doi.org/10.1080/23270012.2019.1691945>
19. Ferrari, P., Sisinni, E., Saifullah, A., Machado, R. C. S., De Sa, A. O., Felser, M. (2020). Work-in-Progress: Compromising Security of Real-time Ethernet Devices by means of Selective Queue Saturation Attack. 2020 16th IEEE International Conference on Factory Communication Systems (WFCS). <https://doi.org/10.1109/wfcs47810.2020.9114505>
20. Hernandez-Gonzalez, S., Hernandez Ripalda, M. (2018). Systems With Limited Capacity. *IGI Global*, 172–211. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5264-2.ch006>
21. Larrain, H., Muñoz, J. C. (2020). The danger zone of express services: When increasing frequencies can deteriorate the level of service. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 113, 213–227. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.05.013>
22. Chakravarthy, S. R., Shruti, Kulshrestha, R. (2020). A queueing model with server breakdowns, repairs, vacations, and backup server. *Operations Research Perspectives*, 7, 100131. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100131>
23. Ahmadi-Javid, A., Hoseinpour, P. (2019). Service system design for managing interruption risks: A backup-service risk-mitigation strategy. *European Journal of Operational Research*, 274 (2), 417–431. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.03.028>
24. He, F., Oki, E. (2021). Unavailability-Aware Shared Virtual Backup Allocation for Middleboxes: A Queueing Approach. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 18 (2), 2388–2404. <https://doi.org/10.1109/tnsm.2020.3026218>
25. Sunar, N., Tu, Y., Ziya, S. (2021). Pooled vs. Dedicated Queues when Customers Are Delay-Sensitive. *Management Science*, 67 (6), 3785–3802. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3663>
26. He, B., Li, T. Z. (2021). An Offloading Scheduling Strategy with Minimized Power Overhead for Internet of Vehicles Based on Mobile Edge Computing. *Journal of Information Processing Systems*, 17 (3), 489–504. <https://doi.org/10.3745/JIPS.01.0077>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301327**

**DEVISING A PROCEDURE FOR THE BRIGHTNESS ALIGNMENT OF ASTRONOMICAL FRAMES BACKGROUND BY A HIGH FREQUENCY FILTRATION TO IMPROVE ACCURACY OF THE BRIGHTNESS ESTIMATION OF OBJECTS (p. 31–38)**

**Vladimir Vlasenko**

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

**Sergii Khlamov**

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
 Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9434-1081>

**Vadym Savanevych**

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

The object of this study is the background substrate of astronomical frames. To detect and compare the image of an object in a frame with its real image from astronomical catalogs, it is necessary to uniformly distribute the brightness of the background image sub-

strate. Most often, the background alignment of astronomical frames is performed using the hardware calibration method applying the construction of service frames. However, it does not make it possible to eliminate the background from temporary stray light. Therefore, to solve this problem, a procedure has been proposed for brightness alignment of the background frame using high-pass filtering.

For high-pass filtering of images, three high-pass filters were considered – an ideal filter, a Butterworth filter, and a Gaussian filter. To remove coarse-grained image components from the image, a high-pass filter was used, which attenuates low-frequency harmonics of the image spectrum while simultaneously passing high-frequency harmonics.

Applying the devised procedure for brightness alignment of the background substrate of the frame has made it possible to increase the signal-to-noise ratio and reduce the dynamic range of the background substrate of the image. The study showed that when assessing brightness and identifying frames, the fitting provides better accuracy of reference to the starry sky. Also, the standard deviation of frame identification errors in this case is 5–7 times less than without using the devised procedure.

The devised procedure for brightness alignment of the background frame substrate was tested in practice within the framework of the CoLiTec project. It was implemented at the stage of intra-frame processing in the Lemur software for automated detection of new objects and tracking of known objects.

**Keywords:** brightness equalization, high-pass filtering, ideal filter, Butterworth filter, Gaussian filter.

**References**

1. Wheeler, L., Dotson, J., Aftosmis, M., Coates, A., Chomette, G., Mathias, D. (2024). Risk assessment for asteroid impact threat scenarios. *Acta Astronautica*, 216, 468–487. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023.12.049>
2. Khlamov, S. V., Savanevych, V. E., Briukhovetskiy, O. B., Pohorelov, A. V. (2016). CoLiTec software - detection of the near-zero apparent motion. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 12 (S325), 349–352. <https://doi.org/10.1017/s1743921316012539>
3. Savanevych, V. E., Khlamov, S. V., Akhmetov, V. S., Briukhovetskiy, A. B., Vlasenko, V. P., Dikov, E. N. et al. (2022). CoLiTecVS software for the automated reduction of photometric observations in CCD-frames. *Astronomy and Computing*, 40, 100605. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100605>
4. Hu, Z., Bodyanskiy, Y. V., Tyshchenko, O. K., Tkachov, V. M. (2017). Fuzzy Clustering Data Arrays with Omitted Observations. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 9 (6), 24–32. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2017.06.03>
5. Vavilova, I., Pakuliak, L., Babyk, I., Elyiv, A., Dobrycheva, D., Melnyk, O. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 57–102. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819154-5.00015-1>
6. Zhang, Y., Zhao, Y., Cui, C. (2022). Data mining and knowledge discovery in database of astronomy. *Progress in Astronomy*, 20 (4), 312–323.
7. Chalvi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., Bogatov, I. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (3 (104)), 22–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198527>
8. Khlamov, S., Savanevych, V., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). The astronomical object recognition and its near-zero motion detection in series of images by in situ modeling. 2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). <https://doi.org/10.1109/iwssp55020.2022.9854475>

9. Troianskyi, V., Kankiewicz, P., Oszkiewicz, D. (2023). Dynamical evolution of basaltic asteroids outside the Vesta family in the inner main belt. *Astronomy & Astrophysics*, 672, A97. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202245678>
10. Akhmetov, V., Khlamov, S., Savanevych, V., Dikov, E. (2019). Cloud Computing Analysis of Indian ASAT Test on March 27, 2019. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061243>
11. Oszkiewicz, D., Troianskyi, V., Galád, A., Hanuš, J., Ďurech, J., Wilawer, E. et al. (2023). Spins and shapes of basaltic asteroids and the missing mantle problem. *Icarus*, 397, 115520. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115520>
12. Savanevych, V., Khlamov, S., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Tabakova, I. (2023). Mathematical Methods for an Accurate Navigation of the Robotic Telescopes. *Mathematics*, 11 (10), 2246. <https://doi.org/10.3390/math11102246>
13. Bellanger, M. (2024). *Digital Signal Processing*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/97811394182695>
14. Adam, G. K., Kontaxis, P. A., Doulos, L. T., Madias, E.-N. D., Bourousis, C. A., Topalis, F. V. (2019). Embedded Microcontroller with a CCD Camera as a Digital Lighting Control System. *Electronics*, 8 (1), 33. <https://doi.org/10.3390/electronics8010033>
15. Savanevych, V., Khlamov, S., Vlasenko, V., Deineko, Z., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Formation of a typical form of an object image in a series of digital frames. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (120)), 51–59. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266988>
16. Klette, R. (2014). *Concise Computer Vision. An Introduction into Theory and Algorithms*. Springer London, 429. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6320-6>
17. Khlamov, S., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Recognition of the astronomical images using the Sobel filter. 2022 29th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). <https://doi.org/10.1109/iwSSIP55020.2022.9854425>
18. Dhanalakshmi, R., Bhavani, N. P. G., Raju, S. S., Shaker Reddy, P. C., Mavaluru, D., Singh, D. P., Batu, A. (2022). Onboard Pointing Error Detection and Estimation of Observation Satellite Data Using Extended Kalman Filter. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/4340897>
19. Savanevych, V., Akhmetov, V., Khlamov, S., Dikov, E., Briukhovetskyi, A., Vlasenko, V. et al. (2019). Selection of the Reference Stars for Astrometric Reduction of CCD-Frames. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 881–895. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_57)
20. Lösler, M., Eschelbach, C., Riepl, S. (2018). A modified approach for automated reference point determination of SLR and VLBI telescopes. *Tm - Technisches Messen*, 85 (10), 616–626. <https://doi.org/10.1515/teme-2018-0053>
21. Shan, W., Yi, Y., Qiu, J., Yin, A. (2019). Robust Median Filtering Forensics Using Image Deblocking and Filtered Residual Fusion. *IEEE Access*, 7, 17174–17183. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2894981>
22. Minaee, S., Boykov, Y. Y., Porikli, F., Plaza, A. J., Kehtarnavaz, N., Terzopoulos, D. (2021). Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3059968>
23. Dadkhah, M., Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., Shamshirband, S., Jazi, M. D. (2019). Methodology of wavelet analysis in research of dynamics of phishing attacks. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 12 (3/4), 220. <https://doi.org/10.1504/ijaiip.2019.098561>
24. Kirichenko, L., Saif, A., Radivilova, T. (2020). Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (5). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110527>
25. Hampson, K. M., Gooding, D., Cole, R., Booth, M. J. (2019). High precision automated alignment procedure for two-mirror telescopes. *Applied Optics*, 58 (27), 7388. <https://doi.org/10.1364/ao.58.007388>
26. Kudzej, I., Savanevych, V. E., Briukhovetskyi, O. B., Khlamov, S. V., Pohorelov, A. V., Vlasenko, V. P. et al. (2019). CoLiTecVS – A new tool for the automated reduction of photometric observations. *Astronomische Nachrichten*, 340 (1-3), 68–70. <https://doi.org/10.1002/asna.201913562>
27. Khlamov, S., Vlasenko, V., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Chelombitko, V., Tabakova, I. (2022). Development of computational method for matched filtration with analytical profile of the blurred digital image. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (119)), 24–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265309>
28. Khlamov, S., Savanevych, V., Vlasenko, V., Briukhovetskyi, O., Trunova, T., Levykin, I. et al. (2023). Development of the matched filtration of a blurred digital image using its typical form. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(9 (121)), 62–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273674>
29. Burger, W., Burge, M. J. (2022). *Digital Image Processing. An Algorithmic Introduction*. Springer Cham, 945. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-05744-1>
30. Bodyanskiy, Y., Popov, S., Brodetskyi, F., Chala, O. (2022). Adaptive Least-Squares Support Vector Machine and its Combined Learning-Selflearning in Image Recognition Task. 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). <https://doi.org/10.1109/csit56902.2022.10000518>
31. Troianskyi, V., Kashuba, V., Bazyey, O., Okhotko, H., Savanevych, V., Khlamov, S., Briukhovetskyi, A. (2023). First reported observation of asteroids 2017 AB8, 2017 QX33, and 2017 RV12. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 53 (2). <https://doi.org/10.31577/caosp.2023.53.2.5>
32. Li, T., DePoy, D. L., Marshall, J. L., Nagasawa, D. Q., Carona, D. W., Boada, S. (2014). Monitoring the atmospheric throughput at Cerro Tololo Inter-American Observatory with aFmCam. *Ground-Based and Airborne Instrumentation for Astronomy V*. <https://doi.org/10.1117/12.2055167>
33. Luo, X., Gu, S., Xiang, Y., Wang, X., Yeung, B., Ng, E. et al. (2022). Active longitudes and starspot evolution of the young rapidly rotating star USNO-B1.0 1388–0463685 discovered in the Yunnan–Hong Kong survey. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 514 (1), 1511–1521. <https://doi.org/10.1093/mnras/stac1406>
34. Lemur software. CoLiTec. Available at: <https://colitec.space/>
35. Khlamov, S., Savanevych, V., Briukhovetskyi, O., Tabakova, I., Trunova, T. (2022). Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, 3171, 1043–1055. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3171/paper75.pdf>
36. Dougherty, E. R. (2020). *Digital Image Processing Methods*. CRC Press, 504. <https://doi.org/10.1201/9781003067054>
37. Gonzalez, R., Woods, R. (2018). *Digital image processing*. Pearson. Available at: <https://dl.icdst.org/pdfs/files4/01c56e081202b62bd7d3b4f8545775fb.pdf>
38. Shvedun, V. O., Khlamov, S. V. (2016). Statistical modeling for determination of perspective number of advertising legislation violations. *Actual Problems of Economics*, 184 (10), 389–396.
39. Perova, I., Brazhnykova, Y., Miroshnychenko, N., Bodyanskiy, Y. (2020). Information Technology for Medical Data Stream Mining. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). <https://doi.org/10.1109/tcset49122.2020.235399>
40. Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C. (2018). *Machine vision algorithms and applications*. John Wiley & Sons, 516.
41. Khlamov, S., Tabakova, I., Trunova, T., Deineko, Z. (2022). Machine Vision for Astronomical Images Using the Canny Edge Detector. *CEUR Workshop Proceedings*, 3384, 1–10.

42. Ruban, I., Martovytskiy, V., Lukova-Chuiko, N. (2016). Designing a monitoring model for cluster super-computers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(2 (84)), 32–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85433>
43. Buslov, P., Shvedun, V., Streltsov, V. (2018). Modern Tendencies of Data Protection in the Corporate Systems of Information Consolidation. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. *Science and Technology (PIC S&T)*. <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632089>
44. Cavuoti, S., Brescia, M., Longo, G. (2012). Data mining and knowledge discovery resources for astronomy in the web 2.0 age. *Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II*. <https://doi.org/10.1117/12.925321>
45. Petrychenko, A., Levykin, I., Iuriev, I. (2021). Improving a method for selecting information technology services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 32–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229983>
46. Grebennik, I., Chorna, O., Urniaieva, I. (2022). Distribution of Permutations with Different Cyclic Structure in Mathematical Models of Transportation Problems. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). <https://doi.org/10.1109/acit54803.2022.9913183>
47. Baranova, V., Zeleniy, O., Deineko, Z., Bielcheva, G., Lyashenko, V. (2019). Wavelet Coherence as a Tool for Studying of Economic Dynamics in Infocommunication Systems. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). <https://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061301>
48. Dombrovska, S., Shvedun, V., Streltsov, V., Husarov, K. (2018). The prospects of integration of the advertising market of Ukraine into the global advertising business. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (2), 321–330. [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(2\).2018.29](https://doi.org/10.21511/ppm.16(2).2018.29)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300784**  
**USE A SMARTPHONE APP FOR PREDICTING HUMAN THERMAL RESPONSES IN HOT ENVIRONMENT (p. 39–47)**

**Irena Yermakova**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9417-1120>

**Anastasiia Nikolaienko**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2402-2947>

**Oleh Hrytsaiuk**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9019-4894>

**Julia Tadeieva**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5418-2848>

**Pavlo Kravchenko**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8137-5063>

The object of this study is to predict of human thermophysiological state in hot environment to prevent heat stress or heat stroke. A key issue is the need to design effective tools for heat stroke risk assessment taking into account environmental conditions, physical activity, characteristics of human clothing and protective equipment.

A mobile application has been developed, which, unlike existing analogs, provides users with data on the safe time of human under selected environmental conditions. The mobile application uses the method of mathematical modeling to predict important indicators of human thermophysiological state: body temperature, sweat evaporation, body water loss. The mathematical model takes into account the generation of metabolic heat, the transfer of heat inside the body, and the heat exchange of a human with the environment.

This paper reports the results of using a mobile application for predicting human thermal responses under hot environmental conditions. With the help of the application, it was possible to determine the time of a human's safe stay depending on the intensity of his/her activity and the characteristics of his/her clothing. It is shown that walking at a speed of 6 km/h in a military uniform is safe for 1 hour at an air temperature of 36 °C. Running at a speed of 8 km/h under such conditions becomes risky already after 15 minutes due to overheating of the human body.

The developed information technology is designed to warn about heat stress or heat stroke of people who are under hot conditions in order to preserve their health and work capacity. The received predicting data should be considered as one of the theoretical measures to prevent human heat stress under hot environmental conditions.

**Keywords:** model, physical activity, heat stress, extreme environment, condition, health risk.

#### References

1. Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Available at: [https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf)
2. Pogačar, T., Žnidaršič, Z., Kajfež Bogataj, L., Flouris, A., Pouliantiti, K., Črepinšek, Z. (2019). Heat Waves Occurrence and Outdoor Workers' Self-assessment of Heat Stress in Slovenia and Greece. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (4), 597. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040597>
3. Number of people with heatstroke jumps in Japan amid heat wave. Available at: [https://web.archive.org/web/20230723174624/https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/20230719\\_36/](https://web.archive.org/web/20230723174624/https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/20230719_36/)
4. Sydney Marathon Runners Hospitalized As Australia Swelters In Unusual Spring Heat Wave. Available at: <https://edition.cnn.com/2023/09/18/sport/sydney-marathon-heatwave-australia-climate-intl-spt/index.html>
5. Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B., Jendritzky, G. (2011). UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International Journal of Biometeorology*, 56 (3), 429–441. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0424-7>
6. Castellani, M. P., Rioux, T. P., Castellani, J. W., Potter, A. W., Xu, X. (2021). A geometrically accurate 3 dimensional model of human thermoregulation for transient cold and hot environments. *Computers in Biology and Medicine*, 138, 104892. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104892>
7. Katić, K., Li, R., Zeiler, W. (2016). Thermophysiological models and their applications: A review. *Building and Environment*, 106, 286–300. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.031>
8. Siepmann, C., Kowalczyk, P. (2021). Understanding continued smartwatch usage: the role of emotional as well as health and fitness factors. *Electronic Markets*, 31 (4), 795–809. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00458-3>
9. Nazarian, N., Liu, S., Kohler, M., Lee, J. K. W., Miller, C., Chow, W. T. L. et al. (2021). Project Coolbit: can your watch predict

- heat stress and thermal comfort sensation? *Environmental Research Letters*, 16 (3), 034031. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd130>
10. Havenith, G., Fiala, D. (2015). Thermal Indices and Thermophysiological Modeling for Heat Stress. *Comprehensive Physiology*, 6 (1), 255–302. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140051>
  11. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using the predicted heat strain model (ISO/DIS 7933:2018).
  12. Human Thermal Audit Simulator. Available at: <https://www.nicholasravanelli.ca/hutas/>
  13. Błażejczyk, K. et al. (2010). UTCI-new index for assessment of heat stress in man. *Przegląd geograficzny*, 82 (1), 49–71. Available at: [https://rcin.org.pl/igipz/Content/947/PDF/Wa51\\_10108\\_r2010-t82-z1\\_Przegląd-Geograficzny-Blazejczyk.pdf](https://rcin.org.pl/igipz/Content/947/PDF/Wa51_10108_r2010-t82-z1_Przegląd-Geograficzny-Blazejczyk.pdf)
  14. The Predicted Heat Strain Mobile Application. Available at: <https://www.thethermalenvironment.com/the-predicted-heat-strain-mobile-application/>
  15. Folkerts, M. A., Boshuizen, A. W., Gosselink, G., Gerrett, N., Daanen, H. A. M., Gao, C. et al. (2021). Predicted and user perceived heat strain using the ClimApp mobile tool for individualized alert and advice. *Climate Risk Management*, 34, 100381. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100381>
  16. Kingma, B. R. M., Steenhoff, H., Toftum, J., Daanen, H. A. M., Folkerts, M. A., Gerrett, N. et al. (2021). ClimApp – Integrating Personal Factors with Weather Forecasts for Individualised Warning and Guidance on Thermal Stress. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (21), 11317. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111317>
  17. Market share of mobile operating systems worldwide from 2009 to 2023, by quarter. Available at: <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>
  18. Yermakova, I. Y. (2013). Informatsiyna platforma multykompartamentalnykh modelei termorehuliatii liudyny Kibernetyka ta obchysliuvalna tekhnika, 174, 81–91. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/84497>
  19. Potter, A. W., Yermakova, I. I., Hunt, A. P., Hancock, J. W., Oliveira, A. V. M., Looney, D. P., Montgomery, L. D. (2021). Comparison of two mathematical models for predicted human thermal responses to hot and humid environments. *Journal of Thermal Biology*, 97, 102902. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102902>
  20. Yermakova, I. I., Potter, A. W., Raimundo, A. M., Xu, X., Hancock, J. W., Oliveira, A. V. M. (2022). Use of Thermoregulatory Models to Evaluate Heat Stress in Industrial Environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (13), 7950. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137950>
  21. Yermakova, I. I., Montgomery, L. D., Potter, A. W. (2022). Mathematical model of human responses to open air and water immersion. *Journal of Sport and Human Performance*, 10 (1), 30–45. Available at: <https://jhp-ojs-tamucc.tdl.org/JHP/article/view/187>
  22. Yermakova, I., Montgomery, L. D., Nikolaienko, A., Bondarenko, Y., Ivanushkina, N. (2021). Modeling Prediction of Human Thermal Responses in Warm Water. *Medical Informatics and Engineering*, 1, 51–60. Available at: <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/here/article/view/12190/11551>
  23. Yermakova, I., Nikolaienko, A., Grigorian, A. (2013). Dynamic model for evaluation of risk factors during work in hot environment. *Journal of Physical Science and Application*, 3 (4), 238–243. Available at: <http://www.davidpublisher.org/Article/index?id=38225.html>
  24. Fogt, D. L., Henning, A. L., Venable, A. S., McFarlin, B. K. (2017). Non-invasive measures of core temperature versus ingestible thermistor during exercise in the heat. *International journal of exercise science*, 10 (2), 225–233. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5360367/>
  25. Yuliia, K., Yaroslav, S. (2021). The transport layer of the iso/osi model in computer networks. *The International Scientific-Practical Journal “Commodities and Markets,”* 40 (4), 49–58. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(40\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(40)05)
  26. Heron, S. (2009). Advanced Encryption Standard (AES). *Network Security*, 2009 (12), 8–12. [https://doi.org/10.1016/s1353-4858\(10\)70006-4](https://doi.org/10.1016/s1353-4858(10)70006-4)
  27. Friedl, K. E. (2012). Predicting human limits-the special relationship between physiology research and the Army mission. *Military Quantitative Physiology: Problems and Concepts in Military Operational Medicine: Problems and Concepts in Military Operational Medicine*. Available at: <https://medcoeckapwstorprd01.blob.core.usgovcloudapi.net/pfw-images/borden/mil-quantitative-physiology/QPchapter01.pdf>
  28. Moran, D. S., DeGroot, D. W., Potter, A. W., Charkoudian, N. (2023). Beating the heat: military training and operations in the era of global warming. *Journal of Applied Physiology*, 135 (1), 60–67. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00229.2023>
  29. Gonzalez, R. R., Chevront, S. N., Mountain, S. J., Goodman, D. A., Blanchard, L. A., Berglund, L. G., Sawka, M. N. (2009). Expanded prediction equations of human sweat loss and water needs. *Journal of Applied Physiology*, 107 (2), 379–388. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00089.2009>
  30. Casa, D. J. (1999). Exercise in the heat. I. Fundamentals of thermal physiology, performance implications, and dehydration. *Journal of athletic training*, 34 (3), 246–252. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16558572/>
  31. Exercise and Fluid Replacement (2007). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (2), 377–390. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302884

**DEVELOPMENT OF A MULTIMEDIA TRAINING COURSE FOR USER SELF-DEVELOPMENT (p. 48–63)**

**Iryna Khoroshevska**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8990-9891>

**Oleksii Khoroshevskiy**

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6260-2045>

**Yevhen Hrabovskiy**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7799-7249>

**Viktoriiia Lukyanova**

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7476-3746>

**Iryna Zhytlova**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0429-8653>

The object of this study is the composition, content, and features of analytical and applied tasks that must be solved in the process of creating a multimedia training course for user self-development. In the context of this work, the problem of the lack of a clear definition of the content-element composition of analytical and applied tasks, which must be solved during the creation of such a course, was solved.

An analysis of research into various aspects of the creation of multimedia publications, complexes, courses for self-education and self-development of users in various fields is provided. The systematization and determination of the content and features of analytical and applied tasks were carried out, which should be resolved during the development of the course. Keyword research is based on the analysis of user searches. As a result, “succulent species” (1–10k/month) and “breeding succulents” (100–1k/month) were added as course topics. In order to identify positive practices and bring them to the course, the functionality of analogs was investigated. The development of the technical task makes it possible to determine the elemental and content composition, structural and technological aspects of the course. The choice of the most appropriate software environment for the development of a multimedia educational course was substantiated (through the prism of the analysis of the functionality required for this purpose). An appropriate stylistic direction for the implementation of the design of the course interface has been determined. Page prototypes were created. The implementation of the course and its interactive components (advice, exercises, tests, games) was carried out in the selected Adobe Captivate environment.

The solution of each task is illustrated by an example. To demonstrate the creation of a multimedia course, self-development of the user in matters of caring for succulents was chosen. The developed publication is used in the educational discipline “Technologies of electronic publishing” as an illustrative example of creating a course.

**Keywords:** multimedia training course, search queries, technical task, succulents, Adobe Captivate.

## References

- Ohirko, M., Horskyi, M., Soltys, I., Dubolazov, O., Ushenko, O., Morfliuk-Shchur, V. et al. (2023). Investigation of Principles of Using Multimedia Learning Tools in Different Educational Environments. *Technology and Technique of Typography (Tekhnolohiia I Tekhnika Drukarstva)*, 2 (80), 86–91. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(80\).2023.286152](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(80).2023.286152)
- Khoroshevska, I. O., Bondar, A. V. (2019). Method development for creating a multimedia edition “self-teacher of piano.” *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 5 (1), 185–193. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/30>
- Pushkar, O. I. (2023). The concept of creating multimedia tools for educational space of dual education. *Printing and Publishing*, 1 (85), 101–122. <https://doi.org/10.32403/0554-4866-2023-1-85-101-122>
- Deineko, Z., Sotnik, S., Lyashenko, V. (2022). Multimedia Systems in Education. *International Journal of Academic Information Systems Research (IJAIRS)*, 6 (7), 23–28. Available at: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/3f786cf6-ef00-42f7-a1a9-d0e93b0f16b6/content>
- Mayer, R. E., Fiorella, L. (Eds.) (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Bonvillian, W. B., Sarma, S. E. (2021). *Workforce Education*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/12833.001.0001>
- Khoroshevska, I. O. (2020). The structure of virtual learning environment for supporting student-centered training in publishing and printing specialty. *Information Technologies and Learning Tools*, 78 (4), 203–218. <https://doi.org/10.33407/itlt.v78i4.2885>
- Bondar, I. O. (2018). Content analysis of multimedia training complex on discipline «color theory». *Information Technologies and Learning Tools*, 63 (1), 95–106. <https://doi.org/10.33407/itlt.v63i1.1886>
- Khoroshevska, I. O., Hliebov, V. O. (2021). *Ekonomiko-matematychno pidgruntia rozrobky multymediinoho navchalnoho vydannia «Teoriya koloru». Polihrafichni, multymediyni ta web-teknolohii*. Kharkiv: TOV «Drukarnia Madryd», 136–148. Available at: <https://pmw.nure.ua/files/47.pdf>
- Babenko, V., Dmitrieva, O., Bratkevich, V., Hrabovskiy, Y., Al', O., boschiy, N. A. (2022). Development of methods formalisation subject technology design of multimedia edition. *International Journal of Embedded Systems*, 15 (3), 239. <https://doi.org/10.1504/ijes.2022.124848>
- Clark, R. C., Mayer, R. E. (2023). *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. New York: Wiley, 512.
- Li, Z.-N., Drew, M. S., Liu, J. (2021). *Fundamentals of Multimedia*. In *Texts in Computer Science*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62124-7>
- Wijaya, M. C., Maksom, Z., Abdullah, M. H. L. (2021). A Brief of Review: Multimedia Authoring Tool Attributes. *Ingénierie Des Systèmes d'Information*, 26 (1), 1–11. <https://doi.org/10.18280/isi.260101>
- Hrabovskiy, Y., Kots, H., Veretelnik, K. (2023). Development of a methodology for creating an on-line layout assistant for electronic publications for mobile devices. *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, 164–176. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.003105>
- Smolianko, Y., Valentieva, T. (2022). The technology of making an electronic training manual on «preschool pedagogy». *New Inception*, 1-2 (7-8), 70–77. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7102255>
- Khoroshevska, I. O., Vinnikova, Ye. O. (2022). Specifics of software choice for creating an animated publication. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 5, 170–175. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/25>
- Google Ads. Available at: <https://ads.google.com/intl/en/home/>
- Pravylnyi dohliad za kaktusamy ta sukulentamy. Available at: <https://www.compo.com/ua/gaid/doglyad-za-roslinami/kimnatni-roslini/doglyad-za-kaktusami-ta-sukulentami>
- Dohliad za sukulentamy z Yarosom: shcho potribno znaty. Available at: <https://iaros.com.ua/sukulenty-dohliad/>
- Planet Deser. Available at: <https://planetdesert.com/>
- Khoroshevska, I. O. (2018). Information presentation structure in the technical task for creating multimedia didactic training complexes. *Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky*, 29 (68 (5)), 85–93. Available at: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/20396?locale=en>
- Hierarchy analysis method. Available at: <https://dss.tg.ck.ua/ahp-help>
- Web Design Styles: Complete guide. Available at: <https://fireart.studio/blog/web-design-styles-complete-guide>
- Jaisingh, P., Bruyndonckx, D. (2019). *Mastering Adobe Captivate 2019: Build cutting edge professional SCORM compliant and interactive eLearning content with Adobe Captivate*. Birmingham: Packt Publishing, 772.
- Adobe Captivate. Available at: <https://www.adobe.com/products/captivate.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301714

**FINDING AND IMPLEMENTING THE NUMERICAL SOLUTION OF AN OPTIMAL CONTROL PROBLEM FOR OSCILLATIONS IN A COUPLED OBJECTS SYSTEM (p. 64–74)**

**Kamil Mamtiyev**

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),

Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5842-6085>

**Ulviyya Rzayeva**

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),

Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5881-6633>

In the modern world, where efficiency, stability, and precision play a crucial role, the development and application of optimal con-

control strategies in oscillatory systems hold significant importance. The issues related to the numerical solution of control problems associated with damping oscillatory systems consisting of two objects are considered. To numerically solve the discussed problem, the gradient projection method, based on the formula for the first variation of the functional, and the method of successive approximations, associated with the linearity of boundary problems describing oscillatory processes, are applied. The oscillations of one object are described by a wave equation with first-order boundary conditions, while a second-order ordinary differential equation models the oscillations of the other object. Furthermore, the original and the adjoint boundary value problems are solved using direct methods at each iteration step. An algorithm for the numerical solution of the problem is proposed, and based on this algorithm, a software code for implementation is developed. The numerical results obtained in the study demonstrate that there is convergence in terms of functionality, and the approximately optimal controls found in this process are minimizing sequences in the control space. The mechanism of controlling and regulating the operation of the system according to its input constraints is provided by observed feedback, allowing systems with limited excitation to maintain stability and optimal functioning in conditions of changing external or internal circumstances. The obtained results can also be used to forecast the system's behavior in the future, resource planning, prevention of emergencies, or optimization of production processes.

**Keywords:** system oscillations, control problem, method of straight lines, functional convergence.

#### References

- Gabasov, R. (1973). Special optimal controls. Moscow: Nauka, 256.
- Akan, M., Geçici, E. (2023). An application of optimal control in medical systems: optimal investment strategy in doctors. *Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics*, 12 (1). <https://doi.org/10.1007/s13721-022-00408-9>
- Kononenko, V. O. (1964). Oscillatory systems with limited excitation. Moscow: Nauka.
- Butkovsky, G. (1969). Distributed Control Systems. American Elsevier Publishing Company, 446.
- Egorov, A. I., Znamenskaya, L. N. (2012). Boundary observability of elastic vibrations in a system of sequentially connected strings. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 52 (9), 1233–1238. <https://doi.org/10.1134/s0965542512070056>
- Znamenskaya, L. N. (2007). Two-end observability of elastic vibrations in distributed and lumped parameter systems. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 47 (6), 900–914. <https://doi.org/10.1134/s0965542507060024>
- Egorov, A. I., Znamenskaya, L. N. (2010). Observability of elastic oscillations of the network with distributed and concentrated parameters on free boundaries. *Trudy Inst. Mat. i Mekh. UrO RAN*, 16 (5), 76–81.
- Egorov, A. I., Znamenskaya, L. N. (2009). Controllability of vibrations of a net of coupled objects with distributed and lumped parameters. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 49 (5), 786–796. <https://doi.org/10.1134/s0965542509050054>
- Egorov, A. I. (1965). Optimal processes in systems containing distributed parameter plants. *Avtomatika i Telemekhanika*, 26 (6), 977–994.
- Sakawa, Y. (1964). Solution of an optimal control problem in a distributed-parameter system. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 9 (4), 420–426. <https://doi.org/10.1109/tac.1964.1105753>
- Mamtiyev, K., Aliyeva, T., Rzayeva, U. (2021). Analysis of one class of optimal control problems for distributed-parameter systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (4 (113)), 26–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241232>
- Henrion, D., Kružik, M., Weisser, T. (2019). Optimal control problems with oscillations, concentrations and discontinuities. *Automatica*, 103, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2019.01.030>
- Liu, X., Wang, S., Zeng, L., Yuan, S., Hao, Z., Lu, X. (2023). An Adaptive Additional Control Strategy for Suppressing Low-Frequency Grid Oscillations in Doubly-Fed Wind Farms, 57 (9), 1156–1164. <https://doi.org/10.16183/j.cnki.jsjtu.2022.135>
- Papadopoulos, A., Gavalas, I., Chasalevris, A. (2023). Controlling bifurcations in high-speed rotors utilizing active gas foil bearings. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*. <https://doi.org/10.24425/bpasts.2023.146796>
- Arroyo, J., Spiessens, F., Helsen, L. (2022). Comparison of Optimal Control Techniques for Building Energy Management. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.849754>
- Manuel V., C., Francisco, M. (2021). A Powerful Tool for Optimal Control of Energy Systems in Sustainable Buildings: Distortion Power Bivector. *Energies*, 14 (8), 2177. <https://doi.org/10.3390/en14082177>
- Semaan, R., Oswald, P., Cornejo Maceda, G. Y., Noack, B. R. (2023). Aerodynamic optimization of a generic light truck under unsteady conditions using gradient-enriched machine learning control. *Experiments in Fluids*, 64 (3). <https://doi.org/10.1007/s00348-023-03587-x>
- Sowa, S. W., Baldea, M., Contreras, L. M. (2014). Optimizing Metabolite Production Using Periodic Oscillations. *PLoS Computational Biology*, 10 (6), e1003658. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003658>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300647**

#### **DETERMINING THE FUNCTIONING EFFICIENCY OF A FIRE SAFETY SUBSYSTEM WHEN OPERATING THE HYDROGEN STORAGE AND SUPPLY SYSTEM (p. 75–84)**

**Yuriy Abramov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

**Oleksii Basmanov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

**Valentina Krivtsova**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8254-5594>

**Andriy Mikhayluk**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4116-164X>

**Yevhen Makarov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0785-3041>

The object of research is the fire safety subsystem of hydrogen storage and supply systems. The subject of the study is the efficiency index of the fire safety subsystem of hydrogen storage and supply systems for different modes of its operation. As such an efficiency indicator, the conditional probability that the fire safety subsystem correctly recognizes the actual state of the hydrogen storage and supply system is used. The fire safety subsystem functions under the control mode and under the test mode. Mathematical models of the operation of the fire safety subsystem were built for such modes, based on the use of graph theory. The weight matrices of these graphs include the completeness of control or testing and the intensity of transition of the fire safety subsystem from one state to another. Determination of the effectiveness of such a subsystem – reliability of functioning – is carried out using Kolmogorov's equations. It is shown that during the testing of hydrogen storage and supply system, the probability of its being in a fire-safe state has a maximum.



It is shown that with values of completeness of control (testing) that do not differ from 1.0, the effectiveness of the functioning of the fire safety subsystem is invariant with respect to the mode of its functioning. With values of completeness of control (testing), which are significantly different from 1.0, the functioning of the fire safety subsystem under the testing mode is more effective.

The identified features of the functioning of the fire safety subsystem make it possible in practice to implement an optimal or adaptive algorithm for the functioning of such subsystems. For example, with the appropriate selection of testing parameters, the fire safety subsystem provides determination of the location of the hydrogen storage and supply system with maximum probability.

**Keywords:** hydrogen systems, evaluation efficiency, fire safety, Kolmogorov equation, graph theory.

## References

- Moradi, R., Groth, K. M. (2019). Hydrogen storage and delivery: Review of the state of the art technologies and risk and reliability analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (23), 12254–12269. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.041>
- Abe, J. O., Popoola, A. P. I., Ajenifuja, E., Popoola, O. M. (2019). Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (29), 15072–15086. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.068>
- Liu, Y., Liu, Z., Wei, J., Lan, Y., Yang, S., Jin, T. (2021). Evaluation and prediction of the safe distance in liquid hydrogen spill accident. *Process Safety and Environmental Protection*, 146, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.08.037>
- Abohamzeh, E., Salehi, F., Sheikholeslami, M., Abbassi, R., Khan, F. (2021). Review of hydrogen safety during storage, transmission, and applications processes. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 72, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104569>
- Yang, F., Wang, T., Deng, X., Dang, J., Huang, Z., Hu, S. et al. (2021). Review on hydrogen safety issues: Incident statistics, hydrogen diffusion, and detonation process. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (61), 31467–31488. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.005>
- Jeon, J., Kim, S. J. (2020). Recent Progress in Hydrogen Flammability Prediction for the Safe Energy Systems. *Energies*, 13 (23), 6263. <https://doi.org/10.3390/en13236263>
- Yu, X., Kong, D., He, X., Ping, P. (2023). Risk Analysis of Fire and Explosion of Hydrogen-Gasoline Hybrid Refueling Station Based on Accident Risk Assessment Method for Industrial System. *Fire*, 6 (5), 181. <https://doi.org/10.3390/fire6050181>
- Lam, C. Y., Fuse, M., Shimizu, T. (2019). Assessment of risk factors and effects in hydrogen logistics incidents from a network modeling perspective. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (36), 20572–20586. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.187>
- Ma, Q., He, Y., You, J., Chen, J., Zhang, Z. (2024). Probabilistic risk assessment of fire and explosion of onboard high-pressure hydrogen system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 50, 1261–1273. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.10.157>
- Aarskog, F. G., Hansen, O. R., Strømgren, T., Ulleberg, Ø. (2020). Concept risk assessment of a hydrogen driven high speed passenger ferry. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (2), 1359–1372. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.128>
- Zhang, Y., Cao, W., Shu, C.-M., Zhao, M., Yu, C., Xie, Z. et al. (2020). Dynamic hazard evaluation of explosion severity for premixed hydrogen–air mixtures in a spherical pressure vessel. *Fuel*, 261, 116433. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116433>
- Cui, S., Zhu, G., He, L., Wang, X., Zhang, X. (2023). Analysis of the fire hazard and leakage explosion simulation of hydrogen fuel cell vehicles. *Thermal Science and Engineering Progress*, 41, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101754>
- Suzuki, T., Shiota, K., Izato, Y., Komori, M., Sato, K., Takai, Y. et al. (2021). Quantitative risk assessment using a Japanese hydrogen refueling station model. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (11), 8329–8343. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.035>
- Kashkarov, S., Dadashzadeh, M., Sivaraman, S., Molokov, V. (2022). Quantitative Risk Assessment Methodology for Hydrogen Tank Rupture in a Tunnel Fire. *Hydrogen*, 3 (4), 512–530. <https://doi.org/10.3390/hydrogen3040033>
- Shen, Y., Lv, H., Hu, Y., Li, J., Lan, H., Zhang, C. (2023). Preliminary hazard identification for qualitative risk assessment on onboard hydrogen storage and supply systems of hydrogen fuel cell vehicles. *Renewable Energy*, 212, 834–854. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.037>
- Li, B., Han, B., Li, Q., Gao, W., Guo, C., Lv, H. et al. (2022). Study on hazards from high-pressure on-board type III hydrogen tank in fire scenario: Consequences and response behaviours. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (4), 2759–2770. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.205>
- Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (122)), 47–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099>
- Correa-Jullian, C., Groth, K. M. (2022). Data requirements for improving the Quantitative Risk Assessment of liquid hydrogen storage systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (6), 4222–4235. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.266>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2021). Algorithm for determination of reliability indicator of gas generator of hydrogen storage and supply system. *Series: Engineering Science and Architecture*, 4 (164), 153–157. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2023). Determination of the reliability of the gas generator of the storage system and hydrogen supply. *Series: Engineering Science and Architecture*, 3 (177), 142–146. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-142-146>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2022). Method of designation of the fire safety of the gas generator water saving systems. *Series: Engineering Science and Architecture*, 4 (171), 107–111. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-4-171-107-111>
- Abramov, Yu., Kryvtsova, V., Mykhailiuk, A. (2023). Information capabilities of the transition function of the hydrogen storage and supply system gas generator to assess its fire hazard level. *Series: Engineering Science and Architecture*, 6 (180), 148–153. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-148-153>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2023). Justification of the characteristics of the fire-safe condition control system of the storage system and hydrogen supply. *Series: Engineering Science and Architecture*, 1 (175), 125–130. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-125-130>

## АНОТАЦІЇ

## INFORMATION TECHNOLOGY. INDUSTRY CONTROL SYSTEMS

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301227****ОЦІНЮВАННЯ ЗУСИЛЬ ІТ-ПРОЄКТУ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ РЕ-ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ ФУНКЦІЙ (с. 6–19)****В. М. Левикіц, М. В. Євланов, О. Є. Неумивакіна, І. В. Левикіц, А. В. Наконечний**

Об'єкт дослідження – процес оцінювання і контролю ІТ-проєкту.

Під час дослідження вирішувалася проблема підвищення точності оцінювання зусиль ІТ-проєкту створення інформаційної системи (ІС). Дослідження в цій галузі спрямовані на спрощення похідних методів оцінювання або ж на застосування в цих методах елементів штучного інтелекту. Питання про вплив на оцінювання зусиль особливостей методології розробки ІС залишається недослідженим.

В результаті дослідження модифіковано метод аналізу функціональних точок. Запропонована модифікація дозволяє підвищити точність оцінювання зусиль, спрямованих на створення ІС в умовах ре-використання її окремих функцій. Ці умови дозволяють створювати нові функції системи шляхом багатократного використання раніше розробленої функції тієї ж системи.

Розроблений метод пройшов перевірку під час оцінювання зусиль ІТ-проєкту створення функціональної задачі «Формування і ведення індивідуального плану науково-педагогічного співробітника кафедри». Розглянуто варіант ре-використання однієї з функцій задачі під час створення двох інших функцій цієї ж задачі. Для даного варіанту оцінка складала 72 функціональних точки (оцінка з використанням стандартного методу складала 144 функціональних точки).

Використання отриманих результатів дослідження дозволяє значно підвищити точність оцінювання зусиль ІТ-проєктів створення ІС в умовах застосування методології багатократного використання раніше розроблених елементів системи. Це дозволяє, в свою чергу, підвищити точність оцінювання витрат часу, потреб в персоналі та фінансових витрат на виконання ІТ-проєктів створення ІС.

Отримані результати використовуються для вирішення задачі оцінювання зусиль під час планування ІТ-проєктів створення ІС та їх програмного забезпечення.

**Ключові слова:** ІТ-проєкт, зусилля, параметричне оцінювання, функціональна точка, інформаційна система, ре-використання.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301011****РЕАЛІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ КЛАСІВ В УМОВАХ АГРЕГАЦІЇ (с. 20–30)****О. Б. Кунгурцев, Н. О. Комлева**

Об'єктом дослідження є реалізація відношень між програмними класами. Показано, що при реалізації відношення агрегації між класами можуть виникнути помилки, якщо класів-клієнтів виявляється більше одного. Помилки взаємодії класів можуть бути викликані управлінням атрибутами класу-ресурсу одним із класів-клієнтів таким чином, що є неприйнятним для іншого класу-клієнту через неприпустимі значення атрибутів, зміни їх стану, блокування методів тощо. Для вирішення проблеми запропонована спеціальна організація черги для класів-клієнтів. Особливістю черги є застосування в ній моделей класів-клієнтів та класу-ресурсу. Модель класу-ресурсу дає уявлення про його ресурси (атрибути та методи) та способи їх використання. Модель класу-клієнту показує, яку частину цих ресурсів буде використовувати клієнт і як це виконуватиметься. Така організація черги дозволяє надавати ресурси черговому класу-клієнту тільки після перевірки його сумісності з активними класами-клієнтами. У загальному випадку класи-клієнти мають різний тип, що ускладнює організацію черги. Тому запропоновано зробити їх похідними від базового класу, який визначає інтерфейс для черги. Аналогічно вирішено проблему взаємодії класу-ресурсу з чергою. Запропонований базовий клас для класу-ресурсу також забезпечує необхідний інтерфейс з чергою.

Створено програмне забезпечення, яке автоматизує процес перетворення класів: аналіз класу-ресурсу, визначення потреб ресурсів з боку класів-клієнтів, створення базових класів. Після завершення перетворення підтримується функціонування черги. Апробація результатів дослідження показала скорочення часу на перетворення класів близько трьох разів, а очікування доступу до ресурсів, в процесі роботи черги – як мінімум у два рази.

**Ключові слова:** відношення агрегації, клас-клієнт, клас-ресурс, математична модель, черга об'єктів класу, перетворення класів, програмне забезпечення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301327****РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ВИРІВНЮВАННЯ ЯСКРАВОСТІ ФОНУ АСТРОНОМІЧНИХ КАДРІВ ВИСОКОЧАСТОТНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНКИ БЛИСКУ ОБ'ЄКТІВ (с. 31–38)****В. П. Власенко, С. В. Хламов, В. Є. Саваневич**

Об'єктом дослідження є фонові підкладки астрономічних кадрів. Для виявлення та зіставлення зображення об'єкта на кадрі з його реальним зображенням з астрономічних каталогів необхідно виконати рівномірний розподіл яскравості фонові підкладки зображення. Найчастіше вирівнювання фону астрономічних кадрів здійснюється методом апаратного калібрування за допомогою формування службових кадрів. Однак воно не дозволяє усунути фон від тимчасового паразитного освітлення. Тому для вирішення цієї проблеми була запропонована процедура вирівнювання яскравості фонові підкладки кадру за допомогою високочастотної фільтрації.

Для високочастотної фільтрації зображень розглядалися три фільтри високих частот: ідеальний фільтр, фільтр Баттерворта і фільтр Гауса. Для видалення із зображення великоструктурних складових зображення використовувався високочастотний фільтр, який послаблює низькочастотні гармоніки спектру зображення, одночасно пропускаючи високочастотні гармоніки.

Використання розробленої процедури вирівнювання яскравості фонові підкладки кадру дозволило підвищити відношення сигнал/шум і зменшити динамічний діапазон фонові підкладки зображення. Дослідження показало, що при оцінці блиску та ототожненні кадрів фітінг дає найкращу точність прив'язки до зоряного неба. Також середньоквадратичне відхилення помилок ототожнення кадрів у цьому випадку у 5–7 разів менше, ніж без застосування розробленої процедури.

Розроблена процедура вирівнювання фонові підкладки кадру була апробована на практиці в рамках проекту CoLiTec. Вона була впроваджена на етапі внутрішньокадрової обробки у програмне забезпечення Lemug для автоматизованого виявлення нових та супроводу відомих об'єктів.

**Ключові слова:** вирівнювання яскравості, високочастотна фільтрація, ідеальний фільтр, фільтр Баттерворта, фільтр Гауса.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300784**

### **ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕАКЦІЙ ЛЮДИНИ В СПЕКОТНИХ УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА (с. 39–47)**

**І. Й. Єрмакова, А. Ю. Ніколаєнко, О. В. Грицаюк, Ю. П. Тадєєва, П. М. Кравченко**

Об'єктом дослідження є прогнозування термофізіологічного стану людини за спекотних умов середовища для попередження теплового стресу або теплового удару. Ключовою проблемою є необхідність створення ефективних інструментів для оцінювання ризиків теплового удару з урахуванням умов навколишнього середовища, фізичної активності, характеристик одягу та захисного спорядження людини.

Розроблено мобільний застосунок, який, на відміну від наявних аналогів, надає користувачам дані про безпечний час перебування людини за вибраних умов середовища. Мобільний застосунок використовує метод математичного моделювання для прогнозування важливих показників термофізіологічного стану людини: температура тіла, випаровування поту, втрати води організмом. Математична модель враховує утворення метаболічного тепла, передачу тепла всередині тіла та теплообмін людини з середовищем.

В роботі наведено результати використання мобільного застосунку для прогнозування теплових реакцій людини за спекотних умов середовища. За допомогою застосунку вдалось визначити час безпечного перебування людини залежно від інтенсивності її діяльності та характеристик одягу. Показано, що за температури повітря 36 °C ходьба зі швидкістю 6 км/год у військовій формі є безпечною протягом 1 години. Біг зі швидкістю 8 км/год за таких умов стає ризикованим вже після 15 хвилин через перегрівання організму людини.

Розроблена інформаційна технологія покликана попередити про тепловий стрес або тепловий удар людей, які перебувають за спекотних умов з метою збереження їхнього здоров'я та працездатності. Отримані дані прогнозування слід розглядати як один з теоретичних заходів запобігання теплового стресу людини за спекотних умов середовища.

**Ключові слова:** модель, фізична активність, тепловий стрес, екстремальні умови середовища, ризики здоров'я.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.302884**

### **РОЗРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ДЛЯ САМОРОЗВИТКУ КОРИСТУВАЧА (с. 48–63)**

**І. О. Хорошевська, О. І. Хорошевський, Є. М. Грабовський, В. А. Лук'янова, І. О. Житлова**

Об'єктом дослідження є склад, зміст та особливості аналітичних та прикладних завдань, які необхідно вирішити в процесі створення мультимедійного навчального курсу для саморозвитку користувача. В контексті даної роботи вирішувалась проблема відсутності чіткого визначення змістовно-елементного складу аналітичних та прикладних завдань, які необхідно вирішувати під час створення такого курсу.

Наведено аналіз досліджень, присвячених різним аспектам створення мультимедійних видань, комплексів, курсів для самонавчання і саморозвитку користувачів за різними сферами. Здійснено систематизацію та визначення змісту і особливостей аналітичних та прикладних завдань, що доцільно вирішити під час розробки курсу. Дослідження ключових слів базується на аналізі пошукових запитів користувачів. Як результат, «сукуленти види» (1–10 тис./міс.) і «сукуленти розмноження» (100–1 тис./міс.) додано як теми курсу. З метою виявлення позитивних практик і привнесення їх до курсу досліджується функціонал аналогів. Розробка технічного завдання дозволяє визначити елементно-змістовний склад, структурні і технологічні аспекти курсу. Обґрунтовано вибір найдоцільнішого програмного середовища для розробки мультимедійного навчального курсу (через призму аналізу потрібного для цього функціоналу). Визначено доцільний стилістичний напрям для реалізації дизайну інтерфейсу курсу. Створено прототипи сторінок. Реалізація курсу і його інтерактивних складових (порад, вправ, тестів, гри) здійснюється в обраному середовищі Adobe Captivate.

Вирішення кожного із завдань проілюстровано прикладом. Для демонстрації створення мультимедійного курсу обрано саморозвиток користувача в питаннях догляду за сукулентами. Розроблене видання використовується в навчальній дисципліні «Технології електронного видавництва» як наглядний приклад створення курсу.

**Ключові слова:** мультимедійний навчальний курс, пошукові запити, технічне завдання, сукуленти, Adobe Captivate.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.301714**

### **ПОШУК ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ЧИСЕЛЬНОГО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ КОЛИВАННЯМИ В СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗАНИХ ОБ'ЄКТІВ (с. 64–74)**

**Kamil Mamtiyev, Ulviyya Rzayeva**

У сучасному світі, де ефективність, стабільність і точність відіграють вирішальну роль, розробка та застосування оптимальних стратегій управління коливальними системами мають велике значення. Розглядаються питання, пов'язані з чисельним вирішенням задач управління, пов'язаних із демпфуванням коливальних систем, що складаються з двох об'єктів. Для чисельного вирішення

обговорюваної задачі застосовуються метод проекції градієнта, заснований на формулі для першої варіації функціоналу, та метод послідовних наближень, пов'язаний з лінійністю крайових задач, що описують коливальні процеси. Коливання одного об'єкта описуються хвильовим рівнянням із граничними умовами першого порядку, коливання іншого об'єкта моделюються звичайним диференціальним рівнянням другого порядку. Крім того, вихідна та сполучена крайові задачі вирішуються прямими методами на кожному кроці ітерації. Запропоновано алгоритм чисельного розв'язання задачі та на його основі розроблено програмний код для реалізації. Чисельні результати, отримані в ході дослідження, демонструють наявність збіжності з точки зору функціональності, і знайдені в цьому процесі наближено оптимальні засоби управління є мінімізуючими послідовностями в просторі управління. Механізм управління і регулювання роботи системи за вхідними обмеженнями забезпечується спостережуваним зворотним зв'язком, що дозволяє системам з обмеженим збудженням зберігати стійкість і оптимальне функціонування в умовах зміни зовнішніх або внутрішніх обставин. Отримані результати також можуть бути використані для прогнозування поведінки системи в майбутньому, планування ресурсів, запобігання аварійних ситуацій чи оптимізації виробничих процесів.

**Ключові слова:** коливання системи, задача управління, метод прямих, функціональна збіжність.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2024.300647**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ (с. 75–84)**

**Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, В. І. Кривцова, А. О. Михайлюк, Є. О. Макаров**

Об'єктом дослідження є підсистема пожежної безпеки систем зберігання та подачі водню. Предметом дослідження є показник ефективності підсистеми пожежної безпеки систем зберігання та подачі водню для різних режимів її функціонування. В якості такого показника ефективності використовується умовна ймовірність того, що підсистема пожежної безпеки вірно розпізнає дійсний стан системи зберігання та подачі водню. Підсистема пожежної безпеки функціонує в режимі контролю та в режимі тестування. Для таких режимів побудовані математичні моделі функціонування підсистеми пожежної безпеки, в основі яких лежить використання теорії графів. Вагові матриці цих графів включають повноту контролю або тестування та інтенсивності переходу підсистеми пожежної безпеки від одного до іншого стану. Визначення ефективності такої підсистеми – достовірності функціонування здійснюється із використанням рівнянь Колмогорова. Показано, що при тестуванні систем зберігання та подачі водню для ймовірності її знаходження в пожежобезпечному стані має місце максимум. Показано, що при величинах повноти контролю (тестування), які не відрізняються від 1,0, ефективність функціонування підсистеми пожежної безпеки є інваріантною відносно режиму її функціонування. При величинах повноти контролю (тестування), які суттєво відрізняються від 1,0, більш ефективним є функціонування підсистеми пожежної безпеки в режимі тестування.

Виявлені особливості функціонування підсистеми пожежної безпеки дозволяють на практиці реалізувати оптимальний або адаптивний алгоритм функціонування таких підсистем. Наприклад, при відповідному виборі параметрів тестування підсистема пожежної безпеки забезпечує визначення знаходження системи зберігання та подачі водню із максимальною ймовірністю.

**Ключові слова:** водневі системи, ефективність оцінки, пожежна безпека, рівняння Колмогорова, теорія графів.