ABSTRACT AND REFERENCES

CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233850

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SELECTING A CRUISING MODE AND ENGINE CONTROL PROGRAM OF A RAMJET AIRCRAFT (p. 6–14)

Oleh Kislov
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4814-9368

Mykhailo Shevchenko
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0806-6632

For supersonic cruising, combined power plants can be used, in which a gas turbine engine reaches the cruising mode, and a ramjet is used for cruising. Supersonic transoceanic flights are characterized by a long cruising segment, which is decisive in terms of required fuel mass. Therefore, the selection of cruising and engine operation parameters is an important task. As a rule, when selecting the cruising mode, the range parameter is used, which depends on the flight and engine operation modes. To take into account the influence of the ramjet operating mode on the range parameter, dimensionless relationships of engine parameters with control factors were obtained. Using the obtained relationships together with the equations of aircraft motion in steady horizontal flight, it is shown that the values of the engine control factors and the range parameter do not change at the altitudes of 11...20 km. This made it possible to conclude that the range parameter can be increased only by selecting the cruising and engine parameters that provide the minimum specific fuel consumption. The variable cruising parameters are speed and initial altitude. A method for selecting the cruising and ramjet operation parameters was developed, based on the analysis of the relationship between the range parameter and the flight speed and initial altitude at the most advantageous values of the engine control factors. The obtained relationships allow selecting the cruising parameters and the engine operating mode, taking into account the restrictions. It is shown that the specific fuel consumption decreases by 0...30 %, depending on the engine operating mode, when the control program is optimized.

Keywords: cruising, range parameter, ramjet, engine control program.

References

1. Morgenstern, J. et. al. (2015). Advanced Concept Studies for Supersonic Commercial Transports Entering Service in the 2018-2020 Period Phase 2. NASA Report. Available at: https://ntrs.nasa.gov/citations/20150015837
2. Sun, Y., Smith, H. (2017). Review and prospect of supersonic business jet design. Progress in Aerospace Sciences, 90, 12–38. doi: https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2016.12.003
3. Walsh, P. P., Fletcher, P. (2004). Gas Turbine Performance. Blackwell Science Ltd. doi: https://doi.org/10.1002/9780470774533
4. Zheng, J., Tang, H., Chen, M., Yin, F.-J. (2018). Equilibrium running principle analysis on an adaptive cycle engine. Applied Thermal Engineering, 132, 393–409. doi: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.12.102
5. Chen, M., Jia, Z., Tang, H., Xiao, Y., Yang, Y., Yin, F. (2019). Research on Simulation and Performance Optimization of Mach 4 Civil Aircraft Propulsion Concept. International Journal of Aerospace Engineering, 2019, 1–19. doi: https://doi.org/10.1155/2019/2918646
6. Kislov, O. V., Shevchenko, M. A. (2020). Calculation and regulation features of duct-burning turbofan engine at ramjet modes. Aerospace technic and technology, 6, 15–23. doi: https://doi.org/10.32620/aktt.2020.6.02
7. Eger, S. M., Mishin, V. F., Liseytsev, N. K. (1983). Proektirovanie samoletov. Moscow: Mashinostroenie, 616.
8. Hendricks, E. S., Falck, R. D., Gray, J. S. (2017). Simultaneous Propulsion System and Trajectory Optimization. 18th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference. doi: https://doi.org/10.2514/6.2017-4435
9. Jasa, J. P., Brelje, B. J., Gray, J. S., Mader, C. A., Martins, J. R. R. A. (2020). Large-Scale Path-Dependent Optimization of Supersonic Aircraft. Aerospace, 7 (10), 152. doi: https://doi.org/10.3390/aerospace7100152
10. Grebenikov, A. G., Zhuravel', S. V., Bochko, A. Yu. (2014). Project of medium-haul passenger aircraft KhAI-150. Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii, 65, 5–22.
11. Veresnikov, G. S., Pankova, L. A., Pronina, V. A., Ogorodnicov, O. V., Ikryanov, I. I. (2017). Determining maneuverable aircraft parameters in preliminary design under conditions of uncertainty. Procedia Computer Science, 112, 1123–1130. doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.143
12. Yugov, O. K., Selivanov, O. D. (1989). Osnovy integratsii samoleta i dvigatelya. Moscow: Mashinostroenie, 304.
13. Nechaev, Yu. N., Fedorov, R. M., Kotovskiy, V. N., Polev, A. S. (2006). Teoriya aviatsionnyh dvigateley. Moscow: VVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 448.
14. Kislov, O., Ambrozhevich, M., Shevchenko, M. (2021). Development of a method to improve the calculation accuracy of specific fuel consumption for performance modeling of air-breathing engines. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (8 (110)), 23–30. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229515
15. Bondaryuk, M. N., Il'yashenko, S. M. (1958). Ramjet engines. Moscow: Gosudarstvennoye Izdatel'stvo Oboronnoy Promyshlennosti, 452. Available at: https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0607169.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228146

DEVELOPMENT OF A HARDWARE AND SOFTWARE MODEL OF A ROCKET MOTION CORRECTION SYSTEM (p. 15–23)

Talgat Atygayev
M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2881-5290

Victor Ivel
M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0854-3846

Yulia Gerasimova
M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Petropavlovsk, Kazakhstan
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1877-383X

The paper deals with the development of a motion correction system for an unguided rocket of a certain class. The existing method for calculating the rocket flight range based on the dependence of flight path on the initial rocket pitch angle and average parameters of disturbing effects does not provide the required accuracy of the specified flight range. This is mainly due to uncontrolled range wind deviations in the flight area. At the same time, conducting test rocket launches to identify dispersion characteristics and improve the target accuracy leads to significant material costs. Therefore, computer simulation is the most promising approach for studying rocket dispersion laws and developing a motion correction system for the unguided rocket on this basis. When developing the correction system, classical differential equations were used describing the aerodynamics of a variable-mass rocket, as well as adaptive control methods with a reference model. As a result of the study, a method for recording a program that implements the reference model on the Arduino Due platform was developed. A general Simulink model that simulates the process of rocket flight path correction was built. A half-scale rocket flight model with a correction block was developed. Based on this model, a series of experiments were carried out, which showed a high degree of rocket target accuracy due to rocket path correction. The results make it possible to take the developed system as a basis for developing a practical path correction system for Grad rockets.

Keywords: flight path correction, reference model of rocket motion, rocket, half-scale simulation.

References

1. Akhromeev, S. F. (Ed.) (1986). Reaktivnaya sistema zalpovogo ognya. Voenniy entsiklopedicheskiy slovar. Moscow: Voenizdat, 625–626.
2. Lahti, J., Sailaranta, T., Harju, M., Virtanen, K. (2019). Control of exterior ballistic properties of spin-stabilized bullet by optimizing internal mass distribution. Defence Technology, 15 (1), 38–50. doi: http://doi.org/10.1016/j.dt.2018.10.003
3. Sun, H., Yu, J., Zhang, S. (2016). The Control of Asymmetric Rolling Missiles Based on Improved Trajectory Linearization Control Method. Journal of Aerospace Technology and Management, 8 (3), 319–327. doi: http://doi.org/10.5028/jatm.v8i3.617
4. Lei, X., Zhang, Z., Du, Z. (2019). Analysis of an improved trajectory correction scheme based on mass blocks. Journal of Systems Engineering and Electronics, 30 (1), 180–190. doi: http://doi.org/10.21629/jsee.2019.01.17
5. De Celis, R., Cadarso, L., Sánchez, J. (2017). Guidance and control for high dynamic rotating artillery rockets. Aerospace Science and Technology, 64, 204–212. doi: http://doi.org/10.1016/j.ast.2017.01.026
6. Yuan, G., Liangxian, G., Lei, P. (2009). Modeling and Simulating Dynamics of Missiles with Deflectable Nose Control. Chinese Journal of Aeronautics, 22 (5), 474–479. doi: http://doi.org/10.1016/s1000-9361(08)60128-4
7. vtukh, D. N., Maksimov, S. S. (2012). Analiz vozmozhnykh skhem postroeniya sistem upravleniya RS povyshennoy tochnosti dlya RSZO kalibra 122-mm. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki, 11 (1), 167–170.
8. Kuznetsov, N. S. (2014). Nekotorye perspektivnye napravleniya rabot v OAO «NLP «Delta». Boepripasy, 2, 9–11.
9. Kuznetsov, N. S. (2019). Pat. No. 0002678922 RU. Sposob korrektsiyi traektorii snaryadov reaktivnykh sistem zalpovogo ognya. published: 04.02.2019. Available at: https://edrid.ru/rid/219.016.b7e0.html
10. Xu, Y., Zhijun Wang, Z., Dong, F. (2020). Ballistic Trajectory Modeling for Missile with Deflectable Nose. Mechanics, 26 (5), 450–456. doi: http://doi.org/10.5755/j01.mech.26.5.27874
11. Zhang, C., Li, D. (2020). Mechanical and Electronic Video Stabilization Strategy of Mortars with Trajectory Correction Fuze Based on Infrared Image Sensor. Sensors, 20 (9), 2461. doi: http://doi.org/10.3390/s20092461
12. Sun, X., Gao, M., Zhou, X., Lv, J., Tian, F., Qiao, Z. (2021). Guidance Simulation and Experimental Verification of Trajectory Correction Mortar Projectile. IEEE Access, 9, 15609–15622. doi: http://doi.org/10.1109/access.2021.3052883
13. Walha, A., Wali, A., Alimi, A. M. (2013). Video Stabilization for Aerial Video Surveillance. AASRI Procedia, 4, 72–77. doi: http://doi.org/10.1016/j.aasri.2013.10.012
14. Li, S., Lu, J., Cheng, L., Zeng, D. (2021). A high precision in-bore velocity measurement system of railgun based on improved Bi-LSTM network. Measurement, 169, 108501. doi: http://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108501
15. Li, W., Wen, Q., Yang, Y. (2019). Stability analysis of spinning missiles induced by seeker disturbance rejection rate parasitical loop. Aerospace Science and Technology, 90, 194–208. doi: http://doi.org/10.1016/j.ast.2019.04.013
16. Sun, X., Gao, M., Zhou, X., Lv, J., Tian, F., Qiao, Z. (2021). Guidance Simulation and Experimental Verification of Trajectory Correction Mortar Projectile. IEEE Access, 9, 15609–15622. doi: http://doi.org/10.1109/access.2021.3052883
17. Dmitrievskiy, A. A., Lysenko, L. N. (2005). Vneshnyaya ballistika. Moscow: «Mashinostroenie», 607.
18. Dyakonov, V. (2002). MATLAB. Obrabotka signalov i izobrazheniy. Spetsialniy spravochnik. Saint Petersburg: «Piter», 608.
19. Guskov, A. V., Milevskiy K. E., Sotenko A. V. (2010) Vneshnyaya ballistika. Novosibirsk: Izd-vo. NGTU, 188.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235629
DEVELOPMENT AND VISUALIZATION OF THE COMPUTER LOADING PLANNING MODEL FOR THE CARGO AIRCRAFT (p. 24–31)

Yelyzaveta Sahun
Flight Academy of National Aviation University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4837-4688

Anatoliy Zalevskii
Flight Academy of National Aviation University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8214-8142

Natalya Chornohor
Flight Academy of National Aviation University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9753-9245

Yuliya Sikirda
Flight Academy of National Aviation University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7303-0441

Loading an aircraft is an extremely complex process with many variable aspects that determine the planning of each flight separately. The article is devoted to the development of an algorithm and a computer model for planning the loading of a cargo ramp aircraft in a multi-lag route. The essence of the algorithm consists in a predetermined arrangement of cargo containers relative to the cargo compartment, taking into account the general limitations of the aircraft and the priority of the cargo, which directly affects the planning of loading in a multi-lag route. The use of a visualized computer model created on the basis of the algorithm can reduce the average time of loading operations for a number of direct flights by almost 7 %, and on multi-lag flights by 12 %.

Implementation of the model in the activities of an air carrier avoids a situation where certain criteria and restrictions entail sorting «manually» by all indicators, which is very time-consuming in the context of the urgency of servicing the aircraft at the airport.

The visualized load planning computer model enables flight planning personnel to make faster decisions and predict additional load on other sections of the route.

The successful application of the model to the airline's operations contributes to the efficiency and safety of ground handling services. This contributes to the intensification of the use of the aircraft fleet by increasing the speed of commercial cargo handling.

In the future, the computer model can serve as the basis for a rule-based expert system in order to prevent containers from being overloaded at intermediate sections of the route.

Keywords: freight container (ULD), optimal load, load planning algorithm, computer model, expert system.

References

1. Sahun, A., Sahun, Y. (2019). Technological peculiarities of aircraft loading process. Scientific Bulletin of Flight Academy. Section: Economics, Management and Law, 1, 84–90. doi: https://doi.org/10.33251/2707-8620-2019-1-84-90
2. Sahun, Y. S. (2020). Perspective Directions of Artificial Intelligence Systems in Aircraft Load Optimization Process. Advances in Mechatronics and Mechanical Engineering, 419–437. doi: https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1415-3.ch018
3. Air-Freight Forwarders Move Forward into a Digital Future. McKinsey & Company Travel. Available at: https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-transport-infrastructure/our-insights/air-freight-forwarders-move-forward-into-a-digital-future
4. Guéret, C., Jussien, N., Lhomme, O., Pavageau, C., Prins, C. (2003). Loading aircraft for military operations. Journal of the Operational Research Society, 54 (5), 458–465. doi: https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601551
5. Souffriau, W., Demeester, P., Vanden Berghe, G., De Causmaecker, P. (2008). The Aircraft Weight and Balance Problem. 22nd national conference of the Belgian Operations Research Society, 44–45.
6. Hussein, M. I. (2012). Container Handling Algorithms and Outbound Heavy Truck Movement Modeling for Seaport Container Transshipment Terminals. University of Wisconsin Milwaukee.
7. Kaluzny, B., Shaw, D. (2008). Optimal aircraft load balancing. Mathematical formulation. CORA Technical Report. National Defence R&D, 15–21.
8. Thomas, C., Campbell, K., Hines, G., Racer, M. (1998). Airbus Packing at Federal Express. Interfaces, 28 (4), 21–30. doi: https://doi.org/10.1287/inte.28.4.21
9. Wilson, I. D., Roach, P. A., Ware, J. A. (2001). Container stowage pre-planning: using search to generate solutions, a case study. Knowledge-Based Systems, 14 (3-4), 137–145. doi: https://doi.org/10.1016/s0950-7051(01)00090-9
10. Bortfeldt, A., Gehring, H. (2001). A hybrid genetic algorithm for the container loading problem. European Journal of Operational Research, 131 (1), 143–161. doi: https://doi.org/10.1016/s0377-2217(00)00055-2
11. Nance, R. L., Roesener, A. G., Moore, J. T. (2011). An advanced tabu search for solving the mixed payload airlift loading problem. Journal of the Operational Research Society, 62 (2), 337–347. doi: https://doi.org/10.1057/jors.2010.119
12. Li, F., Tian, C., Zhang, H., Kelley, W. (2010). Rule-based optimization approach for airline load planning system. Procedia Computer Science, 1 (1), 1455–1463. doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.04.161
13. Limbourg, S., Schyns, M., Laporte, G. (2012). Automatic aircraft cargo load planning. Journal of the Operational Research Society, 63 (9), 1271–1283. doi: https://doi.org/10.1057/jors.2011.134
14. Rukovodstvo letnoy ekspluatatsii IL-76 (1984). Izdanie 2, Prilozhenie 3: Instruktsiya po tsentrovke i zagruzke, 2–12.
15. Sahun, Y. (2020). Priority loading algorithm as the part of aircraft load optimization model. Proceedings of the National Aviation University, 84 (3), 44–49. doi: https://doi.org/10.18372/2306-1472.84.14952

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233673

CONSTRUCTING A MODEL FOR THE AUTOMATED OPERATIVE PLANNING OF LOCAL OPERATIONS AT RAILROAD TECHNICAL STATIONS (p. 32–41)

Artem Prokopov
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7324-4047

Viktor Prokhorov
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8963-6467

Tetiana Kalashnikova
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6563-5945

Tetiana Golovko
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7977-9664

Hanna Bohomazova
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8042-0624

This paper has investigated the technology of forwarding local wagons at railroad technical stations and established the need to improve it given the extra downtime of local wagons. The main issue relates to the considerable combinatorial complexity of the tasks of operational planning. Another problem is that as part of the conventional approach, planning a station operation and planning a local operation at it is considered separately. Another planning issue is the lack

of high-quality models for the preparation of initial data, in particular, data on the duration of technological operations, such as, for example, shunting operations involving local wagons forwarding. To resolve these issues, a new approach has been proposed, under which the tasks of operative planning of a technical station's operation and its subsystem of local operations are tackled simultaneously, based on a single model. To this end, a mathematical model of vector combinatoric optimization has been built, which uses the criteria of total operating costs and wagon-hours spent at a station when forwarding local wagon flows, in the form of separate objective functions. Within this model, a predictive model was constructed in the form of a fuzzy inference system. This model is designed to determine the duration of shunting half-runs when executing the spotting/picking operations for delivering local wagons to enterprises' goods sheds. The model provides for the accuracy level that would suffice at planning, in contrast to classical methods. A procedure has been devised for optimizing the planning model, which employs the modern genetic algorithm of vector optimization NSGA-III. This procedure is implemented in the form of software that makes it possible to build a rational operative plan for the operation of a technical station, including a subsystem of local operations, in graphic form, thereby reducing the operating costs by 5 % and the duration of maintenance of a local wagon by 8 %. The resulting effect could reduce the turnover time of a freight car in general on the railroad network, speed up the delivery of goods, and reduce the cost of transportation.

Keywords: optimization of local operations, technical station, railroad connecting lines, shunting half-run, combinatorial vector optimization.

References

1. Bielli, M., Bielli, A., Rossi, R. (2011). Trends in Models and Algorithms for Fleet Management. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 20, 4–18. doi: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.004
2. Halldórsson, Á., Wehner, J. (2020). Last-mile logistics fulfilment: A framework for energy efficiency. Research in Transportation Business & Management, 37, 100481. doi: https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100481
3. Mira, L., Andrade, A. R., Gomes, M. C. (2020). Maintenance scheduling within rolling stock planning in railway operations under uncertain maintenance durations. Journal of Rail Transport Planning & Management, 14, 100177. doi: https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100177
4. Butko, T., Prokhorov, V., Kalashnikova, T., Riabushka, Y. (2019). Organization of railway freight short-haul transportation on the basis of logistic approaches. Procedia Computer Science, 149, 102–109. doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.113
5. Lin, B., Zhao, Y., Lin, R., Liu, C. (2021). Integrating traffic routing optimization and train formation plan using simulated annealing algorithm. Applied Mathematical Modelling, 93, 811–830. doi: https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.12.031
6. Bruck, B. P., Cordeau, J.-F., Frejinger, E. (2021). Integrated inbound train split and load planning in an intermodal railway terminal. Transportation Research Part B: Methodological, 145, 270–289. doi: https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.01.006
7. Shi, T., Zhou, X. (2015). A mixed integer programming model for optimizing multi-level operations process in railroad yards. Transportation Research Part B: Methodological, 80, 19–39. doi: https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.06.007
8. Gestrelius, S., Aronsson, M., Joborn, M., Bohlin, M. (2017). Towards a comprehensive model for track allocation and roll-time scheduling at marshalling yards. Journal of Rail Transport Planning & Management, 7 (3), 157–170. doi: https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2017.06.002
9. Kozachenko, D. M. (2013). Mathematical model for estimating of technical and technological indicators of railway stations operation. Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 3 (45), 22–28. doi: https://doi.org/10.15802/stp2013/14540
10. Panchenko, A., Prokhorchenko, A., Panchenko, S., Dekarchuk, O., Gurin, D., Medvediev, I. (2020). Predicting the estimated time of cargo dispatch from a marshaling yard. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (3 (106)), 6–15. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209912
11. Borwein, J. M. (1980). The geometry of Pareto efficiency over cones. Mathematische Operationsforschung Und Statistik. Series Optimization, 11 (2), 235–248. doi: https://doi.org/10.1080/02331938008842650
12. Campos Ciro, G., Dugardin, F., Yalaoui, F., Kelly, R. (2016). A NSGA-II and NSGA-III comparison for solving an open shop scheduling problem with resource constraints. IFAC-PapersOnLine, 49 (12), 1272–1277. doi: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.690
13. Ferreira, J. C., Fonseca, C. M., Gaspar-Cunha, A. (2007). Methodology to select solutions from the pareto-optimal set. Proceedings of the 9th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation – GECCO'07. doi: https://doi.org/10.1145/1276958.1277117
14. Guo, R., Guo, J., Xie, G. (2016). Optimizing model of a railroad yard's operations plan based on production scheduling theory. Computers in Railways XV: Railway Engineering Design and Operation. doi: https://doi.org/10.2495/cr160081
15. Van den Broek, R., Hoogeveen, H., Van den Akker, M. (2018). How to measure the robustness of shunting plans. 18th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS 2018), 65, 3:1–3:13. doi: https://doi.org/10.4230/OASIcs.ATMOS.2018.3
16. Metodychni vkazivky z rozrakhunku norm chasu na manevrovi roboty, yaki vikonuiutsia na zaliznichnomu transporti. Zatv.: Nakaz Ukrzaliznytsi 25.03.03 No. 72-TsZ (2003). Kyiv, 82.
17. Lashenyh, O., Turpak, S., Gritcay, S., Vasileva, L., Ostroglyad, E. (2016). Development of mathematical models for planning the duration of shunting operations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (3 (83)), 40–46. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80752
18. Gruntov, P. S., D'yakov, Yu. V., Makarochkin, A. M. et. al. (1994). Upravlenie ekspluatatsionnoy rabotoy i kachestvom perevozok na zheleznodorozhnom transporte. Moscow: Transport, 543.
19. McKenzie, J. (2011). Mean absolute percentage error and bias in economic forecasting. Economics Letters, 113 (3), 259–262. doi: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2011.08.010
20. Mamdani, E. H., Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International Journal of Man-Machine Studies, 7 (1), 1–13. doi: https://doi.org/10.1016/s0020-7373(75)80002-2
21. Peresta, H. I., Bolvanovska, T. V. (2011). Analysis of the impact of components on the value of turnover of freight

cars. Transport systems and transportation technologies, 1, 75–77. Available at: http://tstt.diit.edu.ua/article/view/17170/14830
22. Dolecki, S., Malivert, C. (1993). General duality in vector optimization. Optimization, 27 (1-2), 97–119. doi: https://doi.org/10.1080/02331939308843875

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235092

IMPROVING THE NAVIGATIONAL PREPARATION OF A BRIDGE CREW FOR ENTERING/LEAVING A PORT, INCLUDING ACTIVITIES IN CASE OF EMERGENCY (p. 42–57)

Anatoliy Maltsev
National University
«Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2389-230X

Ihor Surinov
National University
«Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0335-8302

Statistical analysis of the causes of ship accidents showed that 10 % of accidents are due to the influence of irresistible force, about 15 % are the result of technical imperfection and sudden failure of ship equipment, and the remaining 75 % account for the «human factor» regardless of the cause of the accident. A detailed analysis of the causes of accidents reveals that they are caused by the actions of individuals, dominated by organizational errors by a group of operators in the preparation and execution of the maneuvering control process. At the same time, there is a gap between the complexity of modern equipment and the psychological capabilities of the human operator as an element of the human-machine system.

Analysis of accidents in the Bugsky-Dnestrovsky Liman Canal over the past 20 years has shown that 58.5 % of accidents occurred in the dark and under conditions of limited visibility. There were two causes of accidents: grounding and allision, 84.3 %; collisions, 28.8 %. This indicates the insufficient preparation of bridge crews for navigating the canal.

This paper has considered a procedure of bridge crew navigation training for planning safe motion coordinates while entering/leaving a port along the trajectory points, as well as actions in case of a pre-emergency and techniques to predict it. The coordinates of the travel points are determined at the intersection of rectilinear segments of the recommended safe rectilinear path on a chart. It is a relevant task to use new methods of planning the path and controlling the movement along it, taking into consideration the area for maneuvering, maneuverable properties of the vessel, as well as external influences, for timely detecting the deviation of parameters from those planned. The calculation of the planned coordinates is performed for the center of gravity of the vessel for the characteristic points of the path of movement (the beginning and end of a turn, the onset of braking) and trajectory points (rectilinear segments of the path through 0.2 cables, and curvilinear sections through 10 degrees). Coordinates of the assigned path are represented in the form of the linear matrices of the path rectilinear and curvilinear sections. The navigational motion control system consists of the devices to automatically determine deviations from planned coordinates and decision support systems to correct deviations detected. The proposed method to plan and control motion was investigated by computer simulation, the test was carried out under natural settings. Their results showed that the calculated optimal assigned trajectory enables accident-free guidance of the center of gravity along the predefined path by ship's control means and meets the established criteria of optimality. The proposed method could be used in the development of controls for automated vessels and is the only possible one for vessels with unattended operation.

Keywords: navigational training; trajectory points, decision support systems, pre-emergency; unattended operation.

References

1. Park, Y. A., Yip, T. L., Park, H. G. (2019). An Analysis of Pilotage Marine Accidents in Korea. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 35 (1), 49–54. doi: https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.007
2. Ernstsen, J., Nazir, S. (2020). Performance assessment in full-scale simulators – A case of maritime pilotage operations. Safety Science, 129, 104775. doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104775
3. Wu, L., Jia, S., Wang, S. (2020). Pilotage planning in seaports. European Journal of Operational Research, 287 (1), 90–105. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.05.009
4. Vil'skiy, G. B., Mal'tsev, A. S., Bezdol'niy, V. V., Goncharov, E. I. (2007). Navigatsionnaya bezopasnost' pri lotsmanskoy provodke sudov. Odessa-Nikolaev: Feniks, 456.
5. Maltsev, S. E. (2019). Navigation device for decision-making support for the automatic planning of vessel movement by trajectory points at entry / exit of the port. Category: marine navigational systems. Science and Education a New Dimension, VII(206) (25), 42–47. doi: https://doi.org/10.31174/send-nt2019-206vii25-10
6. Sokolenko, V. (2016). The system of precision planning marine ship's voyage. Proceedings of the National Aviation University, 68 (3). doi: https://doi.org/10.18372/2306-1472.68.10908
7. Sokolenko, V. I. (2011). Sudovoy plan lotsmanskoy provodki. Sudovozhdenie: Sb. nauchn. Trudov ONMA, 20, 209–220.
8. Sokolenko, V. I. (2012). Planirovanie zadannogo puti dvizheniya v stesnennyh usloviyah traektornymi tochkami i kontrol' protsessa dvizheniya. Sudovozhdenie: Sb. nauchn. Trudov ONMA, 21, 220–227.
9. Golikov, V. V., Mal'tsev, S. E. (2013). Algoritm opredelniya polozheniya polyusa povorota morskogo sudna. Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademiyi, 1, 21–27.
10. Golikov, V. V., Maltsev, C. E. (2015). Analysis of vector of displacement out of way of ship from wind. Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademiyi, 1, 29–35.
11. Mal'tsev, S. E., Tovstokoryy, O. N. (2016). Polyus povorota i ego uchet pri manevrirovanii morskogo sudna. Odessa: NU «OMA», 114.
12. Maltsev, S. (2018). Cognitive assessment system the pivot point position of the vessel with the help of efficient algorithms. Science and Education a New Dimension, VI(171) (19), 37–42. doi: https://doi.org/10.31174/send-nt2018-171vi19-08
13. Sokolenko, V., Maltsev, S. E. (2018). The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Shipping & Navigation, 28 (1), 210–221. doi: https://doi.org/10.31653/2306-5761.27.2018.210-221
14. Surinov, I. L. (2020). The way to improve the accuracy of control of maneuvering of the vessel by assessing the ab-

scissa of the center of gravity. Science and Education a New Dimension, VIII(238) (29), 58–62. doi: https://doi.org/10.31174/send-nt2020-238viii29-14
15. Maltsev, S. E. (2021). Operational control of the width of the maneuverable. Shipping & Navigation, 31, 22–36. doi: https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.22-36

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233365

DEVELOPING A METHOD FOR DETERMINING THE DYNAMIC PARAMETERS OF THE OPERATOR OF A MOBILE FIRE ENGINE BASED ON A SEGWAY (p. 58–63)

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

Vitaliy Sobyna
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6908-8037

Dmitry Sokolov
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7996-689X

A method for determining the dynamic parameters of the operator of a mobile fire engine based on a segway, which fully characterize its dynamic properties – delay time and inertia was developed. The development of the method includes four stages. At the first stage, the problem of obtaining analytical relationships for determining the dynamic parameters of the operator is solved. These relationships include the frequency characteristics of the operator at a fixed frequency and its static parameter. At the second stage, the choice of a fixed frequency is substantiated using a criterion that minimizes errors in determining the dynamic parameters. It is shown that the fixed frequency for the characteristic parameters of the operator does not exceed 0.5 Hz. The third stage includes substantiation of the procedure for determining the frequency characteristics of the operator and its static parameter. The frequency characteristics of the operator at a fixed frequency and its static parameter are determined numerically. This procedure is based on using the data obtained by measuring the values of the operator's transfer function at fixed time intervals. To obtain data, an interactive analog engine is used, which can also perform the functions of a simulator. The time intervals are chosen according to the Kotelnikov-Nyquist-Shannon theorem. At the last stage, the procedure for determining the dynamic parameters of the operator of a segway-based mobile fire engine is described.

It is shown that the error in determining the dynamic parameters of the operator of a mobile fire engine does not exceed 9.0 %, if the error in determining its frequency characteristics at a frequency of 2.5 s^{-1} does not exceed 2.0 %.

Keywords: operator of a mobile fire engine, segway, dynamic parameters of the operator, frequency characteristics of the operator.

References

1. Pozhar vnutri sobora Parizhskoy Bogomateri tushil robot Colossus. Available at: https://topcor.ru/7941-pozhar-vnutri-cobora-parizhskoi-bogomateri-tushil-robot-colossus.html
2. Umniy pozharniy robot na giroskutere prezentovali v Petrozavodske. Available at: http://rk.karelia.ru/ekonomika/production/v-petrozavodske-prezentovali-umnyj-pozharnyj-robot-na-giroskutere/
3. Villani, V., Czerniak, J. N., Sabattini, L., Mertens, A., Fantuzzi, C. (2019). Measurement and classification of human characteristics and capabilities during interaction tasks. Paladyn, Journal of Behavioral Robotics, 10 (1), 182–192. doi: https://doi.org/10.1515/pjbr-2019-0016
4. Kaber, D. B. (2017). Issues in Human–Automation Interaction Modeling: Presumptive Aspects of Frameworks of Types and Levels of Automation. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 12 (1), 7–24. doi: https://doi.org/10.1177/1555343417737203
5. Müller, R., Oehm, L. (2018). Process industries versus discrete processing: how system characteristics affect operator tasks. Cognition, Technology & Work, 21 (2), 337–356. doi: https://doi.org/10.1007/s10111-018-0511-1
6. Kopyt, A., Dziewoński, T., Jastrzębski, D., Golon, K., Mirosław, M. (2017). Modeling of a human driver for a car driving simulator. 50th Annual Simulation Symposium (ANSS 2017). doi: https://doi.org/10.22360/springsim.2017.anss.005
7. Aydin, Y., Tokatli, O., Patoglu, V., Basdogan, C. (2018). Stable Physical Human-Robot Interaction Using Fractional Order Admittance Control. IEEE Transactions on Haptics, 11 (3), 464–475. doi: https://doi.org/10.1109/toh.2018.2810871
8. Yao, B., Zhou, Z., Wang, L., Xu, W., Liu, Q., Liu, A. (2018). Sensorless and adaptive admittance control of industrial robot in physical human–robot interaction. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 51, 158–168. doi: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.12.004
9. Tölgyessy, M., Dekan, M., Hubinský, P. (2018). Human-Robot Interaction Using Pointing Gestures. Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control. doi: https://doi.org/10.1145/3284557.3284718
10. Nemec, D., Janota, A., Gregor, M., Hruboš, M., Pirník, R. (2017). Control of the mobile robot by hand movement measured by inertial sensors. Electrical Engineering, 99 (4), 1161–1168. doi: https://doi.org/10.1007/s00202-017-0614-3
11. Buldakova, T. I., Suyatinov, S. I. (2019). Hierarchy of Human Operator Models for Digital Twin. 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). doi: https://doi.org/10.1109/rusautocon.2019.8867602
12. Iqbal, M. U., Srinivasan, R. (2018). Simulator based performance metrics to estimate reliability of control room operators. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 56, 524–530. doi: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.10.011
13. Surya Atman, M. W., Noda, K., Funada, R., Yamauchi, J., Hatanaka, T., Fujita, M. (2019). On Passivity-Shortage of Human Operators for A Class of Semi-autonomous Robotic Swarms. IFAC-PapersOnLine, 51 (34), 21–27. doi: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.01.008

14. Khudyakova, E. P., Sedelkova, V. A., Tarasenkov, G. G., Chertopolokhov, V. A., Belousova, M. D., Natura, E. S. (2021). Characteristics of operator performance in controlling a virtual lunar rover during simulated lunar gravity. AIP Conference Proceedings, 2318 (1). doi: https://doi.org/10.1063/5.0035989
15. Van Grootheest, H. A. (2017). Human-Operator Identification with Time-Varying ARX Models. TU Delft Library. Available at: https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:da69d1cf-3274-466f-bbc2-573f571d154e?collection=education
16. Cimini, C., Pirola, F., Pinto, R., Cavalieri, S. (2020). A human-in-the-loop manufacturing control architecture for the next generation of production systems. Journal of Manufacturing Systems, 54, 258–271. doi: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.002
17. Abramov, Yu. O., Tyshchenko, Ye. O., Sobyna, V. O. (2017). Pat. No. 119180 UA. Mobilna pozhezhna ustanovka. No. u201704071; declareted: 24.07.2017; published: 11.09.2017, Bul. No. 17. Available at: https://uapatents.com/4-119180-mobilna-pozhezhna-ustanovka.html
18. Sobina, V., Hizhnyak, A., Abramov, Yu. (2019). Determination of parameters of the model of the operator of a mobile fire installation. Problemy pozharnoy bezopasnosti, 45, 161–166. Available at: https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol45/Sobina.pdf
19. Abramov, Yu. O., Sobyna, V. O., Tyshchenko, Ye. O., Khyzhniak, A. A., Danilin, O. M. (2019). Pat. No. 135301 UA. Prystriy dlia vyznachennia kharakterystyk operatora mobilnoho pozhezhnoho robota. No. 201900596; declareted: 21.01.2019; published: 25.06.2019, Bul. No. 12. Available at: https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=259676
20. Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A. (2018). The synthesis of control algorithm over a technical condition of the hydrogen generators based on hydroreactive compositions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (2 (93)), 54–60. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131020

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233382

HYBRID GENE SELECTION METHOD BASED ON MUTUAL INFORMATION TECHNIQUE AND DRAGONFLY OPTIMIZATION ALGORITHM (p. 64–69)

Sarah Ghanim Mahmood
University of AL-Hamdaniya, Nineveh, Iraq
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0574-985X

Raed Sabeeh Karyakos
University of AL-Hamdaniya, Nineveh, Iraq
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2278-7938

Ilham M. Yacoob
University of AL-Hamdaniya, Nineveh, Iraq
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3994-8619

One of the most prevalent problems with big data is that many of the features are irrelevant. Gene selection has been shown to improve the outcomes of many algorithms, but it is a difficult task in microarray data mining because most microarray datasets have only a few hundred records but thousands of variables. This type of dataset increases the chances of discovering incorrect predictions due to chance. Finding the most relevant genes is generally the most difficult part of creating a reliable classification model. Irrelevant and duplicated attributes have a negative impact on categorization algorithms' accuracy. Many Machine Learning-based Gene Selection methods have been explored in the literature, with the aim of improving dimensionality reduction precision. Gene selection is a technique for extracting the most relevant data from a series of datasets. The classification method, which can be used in machine learning, pattern recognition, and signal processing, will benefit from further developments in the Gene selection technique. The goal of the feature selection is to select the smallest subset of features but carrying as much information about the class as possible. This paper models the gene selection approach as a binary-based optimization algorithm in discrete space, which directs binary dragonfly optimization algorithm «BDA» and verifies it in a chosen fitness function utilizing precision of the dataset's k-nearest neighbors' classifier. The experimental results revealed that the proposed algorithm, dubbed MI-BDA, in terms of precision of results as measured by cost of calculations and classification accuracy, it outperforms other algorithms.

Keywords: GS «gene selection», MI «mutual information technique», and BDA «binary dragonfly optimization algorithm».

References

1. Golub, T. R., Slonim, D. K., Tamayo, P., Huard, C., Gaasenbeek, M., Mesirov, J. P. et. al. (1999). Molecular Classification of Cancer: Class Discovery and Class Prediction by Gene Expression Monitoring. Science, 286 (5439), 531–537. doi: https://doi.org/10.1126/science.286.5439.531
2. Cai, R., Hao, Z., Yang, X., Wen, W. (2009). An efficient gene selection algorithm based on mutual information. Neurocomputing, 72 (4-6), 991–999. doi: https://doi.org/10.1016/j.neucom.2008.04.005
3. Muszyński, M., Osowski, S. (2014). Data mining methods for gene selection on the basis of gene expression arrays. International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 24 (3), 657–668. doi: https://doi.org/10.2478/amcs-2014-0048
4. Guyon, I., Elisseeff, A. (2003). An introduction to variable and feature selection. Journal of Machine Learning Research, 3, 1157–1182. Available at: https://www.jmlr.org/papers/volume3/guyon03a/guyon03a.pdf
5. Kohavi, R., John, G. H. (1997). Wrappers for feature subset selection. Artificial Intelligence, 97 (1-2), 273–324. doi: https://doi.org/10.1016/s0004-3702(97)00043-x
6. Vergara, J. R., Estévez, P. A. (2013). A review of feature selection methods based on mutual information. Neural Computing and Applications, 24 (1), 175–186. doi: https://doi.org/10.1007/s00521-013-1368-0
7. Shukla, A. K., Singh, P., Vardhan, M. (2018). A hybrid gene selection method for microarray recognition. Biocybernetics and Biomedical Engineering, 38 (4), 975–991. doi: https://doi.org/10.1016/j.bbe.2018.08.004
8. Sun, L., Kong, X., Xu, J., Xue, Z., Zhai, R., Zhang, S. (2019). A Hybrid Gene Selection Method Based on ReliefF and Ant Colony Optimization Algorithm for Tumor Classification. Scientific Reports, 9 (1). doi: https://doi.org/10.1038/s41598-019-45223-x
9. Nakariyakul, S. (2019). A hybrid gene selection algorithm based on interaction information for microarray-based cancer classification. PLOS ONE, 14 (2), e0212333. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212333

10. Mav, D., Shah, R. R., Howard, B. E., Auerbach, S. S., Bushel, P. R., Collins, J. B. et. al. (2018). A hybrid gene selection approach to create the S1500+ targeted gene sets for use in high-throughput transcriptomics. PLOS ONE, 13 (2), e0191105. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191105
11. Mafarja, M. M., Eleyan, D., Jaber, I., Hammouri, A., Mirjalili, S. (2017). Binary Dragonfly Algorithm for Feature Selection. 2017 International Conference on New Trends in Computing Sciences (ICTCS). doi: https://doi.org/10.1109/ictcs.2017.43
12. Aljarah, I., Mafarja, M., Heidari, A. A., Faris, H., Zhang, Y., Mirjalili, S. (2018). Asynchronous accelerating multi-leader salp chains for feature selection. Applied Soft Computing, 71, 964–979. doi: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.07.040
13. Zaffar, M., Ahmed, M., Savita, K. S., Sajjad, S. (2018). A Study of Feature Selection Algorithms for Predicting Students Academic Performance. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9 (5). doi: https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.090569
14. Cover, T. M., Thomas, J. A. (2005). Elements of Information Theory. John Wiley & Sons. doi: https://doi.org/10.1002/047174882x
15. Liu, H., Sun, J., Liu, L., Zhang, H. (2009). Feature selection with dynamic mutual information. Pattern Recognition, 42 (7), 1330–1339. doi: https://doi.org/10.1016/j.patcog.2008.10.028
16. Hammouri, A. I., Mafarja, M., Al-Betar, M. A., Awadallah, M. A., Abu-Doush, I. (2020). An improved Dragonfly Algorithm for feature selection. Knowledge-Based Systems, 203, 106131. doi: https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106131
17. Qasim, O. S., Mahmoud, M. S., Hasan, F. M. (2020). Hybrid Binary Dragonfly Optimization Algorithm with Statistical Dependence for Feature Selection. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 5 (6), 1420–1428. doi: https://doi.org/10.33889/ijmems.2020.5.6.105
18. Sree Ranjini, K. S., Murugan, S. (2017). Memory based Hybrid Dragonfly Algorithm for numerical optimization problems. Expert Systems with Applications, 83, 63–78. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.033
19. Mafarja, M., Heidari, A. A., Faris, H., Mirjalili, S., Aljarah, I. (2019). Dragonfly Algorithm: Theory, Literature Review, and Application in Feature Selection. Studies in Computational Intelligence, 47–67. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-12127-3_4
20. Al-Thanoon, N. A., Qasim, O. S., Algamal, Z. Y. (2018). Tuning parameter estimation in SCAD-support vector machine using firefly algorithm with application in gene selection and cancer classification. Computers in Biology and Medicine, 103, 262–268. doi: https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2018.10.034
21. Alhafedh, M. A. A., Qasim, O. S. (2019). Two-Stage Gene Selection in Microarray Dataset Using Fuzzy Mutual Information and Binary Particle Swarm Optimization. Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology, 13 (4), 1162. doi: https://doi.org/10.5958/0973-9130.2019.00458.4
22. Blake, C. L., Merz, C. J. (1998). UCI Repository of Machine Learning Databases. University of California, Oakland.
23. Kashmoola, M. A., Alsaleem, M. Y. anad, Alsaleem, N. Y. A., Moskalets, M. (2019). Model of dynamics of the grouping states of radio electronic means in the problems of ensuring electromagnetic compatibility. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (9 (102)), 12–20. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188976

АНОТАЦІЇ

CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233850

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИБОРУ РЕЖИМУ КРЕЙСЕРСЬКОГО ПОЛЬОТУ І ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНА ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ З ПРЯМОТОЧНИМ ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ (с. 6–14)

О. В. Кіслов, М. А. Шевченко

Для перельотів з надзвуковою крейсерською швидкістю можливо використовувати комбіновані силові установки, в яких вихід на крейсерський режим здійснюється за рахунок газотурбінного двигуна, а в крейсерському польоті застосовується прямоточний повітряно-реактивний двигун. Надзвукові трансокеанські перельоти характеризуються великою протяжністю крейсерської ділянки, яка є визначальною з точки зору необхідної маси палива. Тому вибір параметрів крейсерського польоту і режиму роботи двигуна є важливим завданням. Як правило, при виборі крейсерського режиму польоту використовується параметр дальності, що залежить від режимів польоту і роботи двигуна. Для врахування впливу режиму роботи прямоточного повітряно-реактивного двигуна на параметр дальності одержані безрозмірні зв'язки параметрів двигуна з регулюючими факторами. Використавши отримані залежності разом з рівняннями руху літака в сталому горизонтальному польоті, показано, що значення регулюючих факторів двигуна і параметр дальності не змінюються на висотах 11...20 км. Це дозволило зробити висновок, що збільшення параметра дальності можливо лише шляхом вибору параметрів крейсерського польоту і двигуна, що забезпечують мінімум питомої витрати палива. Змінними параметрами крейсерського польоту є швидкість і початкова висота. Розроблено метод вибору параметрів крейсерського польоту і режиму роботи прямоточного повітряно-реактивного двигуна, який заснований на аналізі залежності параметра дальності від швидкості і початкової висоти польоту при найвигідніших значеннях регулюючих факторів двигуна. Отримані залежності дозволяють вибрати параметри крейсерського польоту і режим роботи двигуна з урахуванням обмежень. Показано, що при оптимізації програми керування питома витрата палива зменшується на 0...30 % в залежності від режиму роботи двигуна.

Ключові слова: крейсерський політ, параметр дальності, прямоточний повітряно-реактивний двигун, програма керування двигуна.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228146

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КОРЕКЦІЇ РУХУ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА (с. 15–23)

Т. Б. Атигаєв, В. П. Івель, Ю. В. Герасимова

У роботі розглянуті питання, пов'язані зі створенням системи корекції руху некерованого реактивного снаряда певного класу. Існуюча методика розрахунку дальності польоту реактивного снаряда, заснована на залежності траєкторії польоту від початкового кута тангажу снаряда і середніх значень параметрів збурюючих впливів, не забезпечує необхідну точність заданої дальності польоту. Це пояснюється в основному наявністю неконтрольованих відхилень швидкості поздовжнього вітру в зоні польоту. У той же час проведення пробних запусків реактивних снарядів для виявлення характеристик розсіювання і підвищення точності попадання снаряда в ціль призводить до істотних матеріальних витрат. Тому застосування методів імітаційного комп'ютерного моделювання є найбільш перспективним підходом для дослідження законів розсіювання снарядів і розробки на цій основі системи корекції руху некерованого реактивного снаряда. При розробці системи корекції використовувалися класичні диференціальні рівняння, що описують аеродинаміку реактивного снаряда змінної маси, а також методи адаптивного управління з еталонною моделлю. В результаті проведеного дослідження була розроблена методика запису програми, що реалізує еталонну модель, на платформу Arduino Due. Побудована загальна Simulink-модель, що симулює процес корекції траєкторії руху реактивного снаряда. Розроблена напівнатурна модель польоту реактивного снаряда з блоком корекції. На базі цієї моделі проведена серія експериментів, що показала високий ступінь точності попадання снаряда в ціль за рахунок корекції траєкторії руху снаряда. Отримані результати дозволяють прийняти розроблену систему за основу для розробки практичної системи корекції траєкторії руху снарядів класу «Град».

Ключові слова: корекція траєкторії, еталонна модель руху реактивного снаряда, реактивний снаряд, напівнатурне моделювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235629

РОЗРОБКА ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ВАНТАЖНОГО ПОВІТРЯНОГО СУДНА (с. 24–31)

Є. С. Сагун, А. В. Залевський, Н. О. Чорногор, Ю. В. Сікірда

Завантаження повітряного судна є вкрай складним процесом в умовах великої кількості змінних аспектів, що зумовлюють планування кожного рейсу окремо. Стаття присвячена розробці алгоритму та комп'ютерної моделі для планування завантаження вантажного рампового літака в умовах мультилагового маршруту. Суть алгоритму полягає у заздалегідь визначеному розташуванні вантажних контейнерів відносно вантажного відсіку з урахуванням загальних обмежень повітряного судна та пріоритетності вантажу, що безпосередньо впливає на планування завантаження в умовах мультилагового маршруту. Застосування візуалізованої комп'ютерної моделі, створеної на базі алгоритму дозволяє скоротити середній час операцій із завантаження на низці прямих рейсів майже на 7 %, а на мультилагових рейсах – на 12 %.

Впровадження моделі у діяльність авіаперевізника дозволяє уникнути ситуації, коли визначені критерії та обмеження спричиняють сортування «вручну» за усіма показниками, що є дуже затратним за часом в умовах терміновості обслуговування повітряного судна в аеропорту.

Візуалізована комп'ютерна модель планування завантаження надає можливість персоналу, що відповідає за планування рейсу швидше приймати рішення та прогнозувати додаткове завантаження на інших відрізках маршруту.

Успішне застосування моделі в операційній діяльності авіакомпанії сприяє підвищенню ефективності та безпеки наземного хендлінгового обслуговування. Це сприяє інтенсифікації використання парку повітряних суден за допомогою пришвидшення комерційного обслуговування вантажу.

В подальшому комп'ютерна модель може слугувати основою для експертної системи, заснованої на правилах (rule-based expert system) для запобігання перезавантаженню контейнерів на проміжних відрізках маршруту.

Ключові слова: вантажний контейнер (ULD), оптимальне завантаження, алгоритм планування завантаження, комп'ютерна модель, експертна система.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233673

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ (с. 32–41)

А. О. Прокопов, В. М. Прохоров, Т. Ю. Калашнікова, Т. В. Головко, Г. Є. Богомазова

Досліджено технологію обробки місцевих вагонів на залізничних технічних станціях та встановлено необхідність її удосконалення з причини перепростою місцевих вагонів. Основна проблема полягає у значній комбінаторній складності задач оперативного планування. Іншою проблемою є те, що у рамках традиційного підходу планування роботи станції і планування місцевої роботи на ній розглядаються окремо. Ще однією проблемою планування є відсутність якісних моделей підготовки вихідних даних, зокрема даних про тривалість технологічних операцій, таких як, наприклад, маневрові переміщення при обробці місцевих вагонів. Для вирішення цих проблем було запропоновано новий підхід, в рамках якого задачі оперативного планування роботи технічної станції і її підсистеми місцевої роботи вирішуються одночасно на основі єдиної моделі. З цією метою було розроблено математичну модель векторної комбінаторної оптимізації, яка використовує критерії сумарних експлуатаційних витрат та вагоно-години, що витрачаються на станції в процесі обробки місцевих вагонопотоків, у вигляді окремих цільових функцій. В рамках цієї моделі було розроблено прогнозну модель у вигляді системи нечіткого виводу. Дана модель призначена для визначення тривалості маневрових напіврейсів при здійсненні операцій подавання-прибирання місцевих вагонів на вантажні фронти підприємств. Модель забезпечує достатній для здійснення планування рівень точності, на відміну від класичних методів. Розроблено процедуру оптимізації моделі планування, яка використовує сучасний генетичний алгоритм векторної оптимізації NSGA-III. Дана процедура реалізована у вигляді програмного продукту, який дозволяє побудувати раціональний оперативний план роботи технічної станції, включаючи підсистему місцевої роботи, у графічному вигляді, знижуючи експлуатаційні витрати на 5 % та тривалість обслуговування місцевого вагона на 8 %. Отриманий ефект дозволить зменшити час обігу вантажного вагона в цілому на залізничній мережі, пришвидшити доставку вантажів і зменшити собівартість перевезень.

Ключові слова: оптимізація місцевої роботи, технічна станція, під'їзні колії, маневровий напіврейс, комбінаторна векторна оптимізація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235092

УДОСКОНАЛЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ КОМАНДИ МІСТКА ДО ЗАХОДУ/ВИХОДУ З ПОРТУ, ВКЛЮЧАЮЧИ ДІЇ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ (с. 42–57)

А. С. Мальцев, І. Л. Сурінов

Статистичний аналіз причин аварійності морських судів показав, що 10 % аварій відбувається внаслідок впливу непереборної сили, близько 15 % є наслідком технічного їх недосконалості і раптової відмови суднового устаткування, а що залишилися 75 % належать до «людського чинника» незалежно від причини аварії. Детальний аналіз причин подій показує, що вони відбуваються за рахунок дій окремих осіб, переважаючими в яких є організаційні помилки групи операторів при підготовці процесу керування маневруванням і його здійсненні. При цьому наголошується розрив між складністю сучасної техніки і психологічними можливостями людини оператора як елемента людино-машинної системи.

Детальний аналіз причин подій показує, що вони відбуваються за рахунок дій окремих осіб, переважаючими в яких є організаційні помилки групи операторів при підготовці процесу керування маневруванням і його здійсненні. При цьому наголошується розрив між складністю сучасної техніки і психологічними можливостями людини оператора як елемента людино-машинного системи. Аналіз аварійності на Бузькому-Дністровському лиманному каналі за останні 20 років показав, що 58.5 % аварійних подій відбулося в темний час доби і в умовах обмеженої видимості. Причинами аварій були дві: посадка на мілину і навали 84.3 %; зіткнення 28.8 %. Це свідчить про недостатню підготовку команди містка при підготовці до плавання по каналу.

Розглянута методика навігаційної підготовки команди містка при плануванні безпечних координат руху під час заходу/виходу з порту за допомогою траєкторних точок і діям при виникненні перед аварійного стану та способи його попередження. Координати шляхових точок визначають на перетині прямолінійних відрізків рекомендованого безпечного прямолінійного шляху на карті. Актуальною проблемою є використання нових методів планування шляху і контролю руху по ньому з урахуванням акваторії для маневрування, маневрених властивостей судна і зовнішніх впливів для своєчасного виявлення відхилення параметрів від планових. Розрахунок планових координат проводиться для центру ваги судна для характерних точок шляху руху (початку та закінчення повороту, початку гальмування) і траєкторних точок (прямолінійних відрізків шляху через 0.2 кбт та криволінійних ділянок через 10 градусів). Координати заданого шляху оформляються у вигляді суми лінійних матриць прямолінійних і криволінійних ділянок шляху. Навігаційна система управління рухом складається з пристроїв автоматичного визначення відхилень від планових координат і систем підтримки прийняття рішення, для коригування відхилень, що з'являються. Дослідження запропонованого методу планування і управління рухом виконано шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання, а перевірка виконана в натурних умовах. Результати яких показали, що розрахована оптимальна задана траєкторія забезпечує безаварійну проводку центру ваги по заданому шляху

засобами управління судна і відповідає встановленому критерію оптимальності. Запропонований метод може бути використаний при розробці засобів управління для автоматизованих суден і єдино можливим для суден з без вахтовим обслуговуванням.

Ключові слова: навігаційна підготовка, траєкторні точки, системи підтримки прийняття рішень, перед аварійний стан, обслуговування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233365

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ СІГВЕЮ (с. 58–63)

Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, В. І. Кривцова, В. О. Собина, Д. Л. Соколов

Стосовно до оператора мобільної пожежної установки на базі сігвею розроблено метод визначення його динамічних параметрів, які повністю характеризують його динамічні властивості – час запізнення та інерційність. Розробка методу включає чотири етапи. На першому етапі вирішується задача по одержанню аналітичних залежностей для визначення динамічних параметрів оператора. Ці залежності включають значення частотних характеристик оператора на фіксованій частоті та його статичний параметр. На другому етапі обґрунтовується вибір фіксованої частоти, що здійснюється із використанням критерію, який мінімізує величини похибок визначення динамічних параметрів. Показано, що величина фіксованої частоти для характерних параметрів оператора не перевищує 0,5 Гц. Третій етап включає обґрунтування процедури одержання значень частотних характеристик оператора та його статичного параметра. Частотні характеристики оператора на фіксованій частоті та величина його статичного параметра одержані чисельним шляхом. Ця процедура основана на використання масиву даних, який одержаний шляхом вимірювань значень перехідної функції оператора через фіксовані інтервали часу. Для одержання масиву даних використовується інтерактивна установка-аналог, яка може виконувати функції тренажера. Інтервали часу обираються згідно до теореми Котельнікова – Найквіста – Шеннона. На останньому етапі надається опис процедури визначення динамічних параметрів оператора мобільної пожежної установки на базі сігвею.

Показано, що похибка визначення динамічних параметрів оператора мобільної пожежної установки не перевищує 9,0 %, якщо похибка визначення його частотних характеристик на частоті 2,5 с–1 не перевищує 2,0 %.

Ключові слова: оператор мобільної пожежної установки, сігвей, динамічні параметри оператора, частотні характеристики оператора.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.233382

ГІБРИДНИЙ МЕТОД ВІДБОРУ ГЕНІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ВЗАЄМНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ БАБОК (с. 64–69)

Sarah Ghanim Mahmood, Raed Sabeeh Karyakos, Ilham M. Yacoob

Однією з найбільш поширених проблем з великими даними є те, що багато ознак є незначущими. Показано, що відбір генів дозволяє поліпшити результати багатьох алгоритмів, однак це є складним завданням при аналізі даних мікрочіпів, оскільки більшість наборів даних мікрочіпів містять всього кілька сотень записів, але тисячі змінних. Цей тип набору даних збільшує ймовірність випадкового виявлення невірних прогнозів. Пошук найбільш значущих генів, як правило, є найскладнішою частиною створення надійної моделі класифікації. Незначущі і повторювані ознаки чинять негативний вплив на точність алгоритмів категоризації. З метою підвищення точності зниження розмірності в літературі було досліджено багато методів відбору генів на основі машинного навчання. Відбір генів – це метод вилучення найбільш значущих даних із серії наборів даних. Подальший розвиток методу відбору генів матиме позитивний вплив на метод класифікації, який може бути використаний в машинному навчанні, розпізнаванні образів і обробці сигналів. Метою відбору ознак є вибір найменшої підмножини ознак, що містить якомога більше інформації про клас. У даній статті виконується моделювання методу відбору генів у вигляді бінарного алгоритму дискретної оптимізації, який направляє бінарний алгоритм оптимізації бабок «БАБ» і перевіряє його в обраній функції придатності з використанням точності класифікатора k-найближчих сусідів набору даних. Результати експериментів показали, що запропонований алгоритм, який отримав назву BI-БАБ, за точністю результатів, вимірюваною вартістю обчислень і точністю класифікації, перевершує інші алгоритми.

Ключові слова: ВГ «відбір генів», ВІ «метод взаємної інформації», БАБ «бінарний алгоритм оптимізації бабок».