

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**



**ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ
імені В.М. Глушкова НАН України
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Олеся Гончара МОН України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**ІНСТИТУТ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
НАН України та ДКА України**

**УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ВЧЕНИХ
ТА СПЕЦІАЛІСТІВ З АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

ІТ компанія DataArt

**XXVII МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«АВТОМАТИКА 2024»**

**Конференція присвячена пам'яті
академіка НАН України В.М. Кунцевича
та академіка НАН України Ю.Г. Кривоноса**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**XXVII INTERNATIONAL CONFERENCE
"AUTOMATION 2024"**

**Conference dedicated to memory of
Academician of NAS of Ukraine V.M. Kuntsevych
and Academician of NAS of Ukraine Yu.G. Kryvonos**

ABSTRACTS



ISBN 978-966-2344-74-5

20–22 листопада 2024 р.
м. Дніпро (Україна)

Програмний комітет

Голова: акад. А. Чикрій (Україна)
Співголова: чл.-кор. С. Оковитий (Україна)
Заступник голови: чл.-кор. О. Кісельова (Україна)

Члени програмного комітету

проф. Я.Бігун (Україна)	prof. Y. Melnikov (США)
prof. O. Blyuss (Англія)	prof. B. Mordukhovich (США)
акад. В. Боюн (Україна)	проф. О. Наконечний (Україна)
акад. В. Горбулін (Україна)	акад. О. Палагін (Україна)
чл.-кор. В. Губарев (Україна)	проф. А. Руткас (Україна)
prof. V. Deineko (Англія)	проф. М. Сальніков (Україна)
акад. В. Задирака (Україна)	акад. І. Сергієнко (Україна)
акад. М. Згуровський (Україна)	prof. K. Szymańska-Dębowska (Польща)
акад. М. Ільченко (Україна)	чл.-кор. О. Трофимчук (Україна)
чл.-кор. П. Кнопов (Україна)	акад. О. Хіміч (Україна)
проф. Ю. Кондратенко (Україна)	проф. Л. Югай (Узбекистан)
чл.-кор. С. Ляшко (Україна)	

Організаційний комітет

Голова: чл.-кор. О. Кісельова (Україна)
Співголова: чл.-кор. С. Яковлев (Україна)
Заступник голови: проф. Л. Гарт (Україна)
Вчений секретар: доц. О. Кузенков (Україна)

Члени організаційного комітету

проф. О. Байбуз (Україна),	доц. Т. Зайцева (Україна),
проф. Н. Гук (Україна),	доц. В. Турчина (Україна),
проф. О. Притоманова (Україна),	техн. секретаріат:
пров.н.с. Г. Чикрій (Україна),	Н.Балейко, Н.Ядечко (Україна)

Автоматика 2024: Тези XXVII Міжнародної конференції з автоматичного керування, Дніпро, 20-22 листопада 2024 р. – Дніпро: ДНУ, 2024. – 228 с. – Текст: укр., англ.

В збірнику тез конференції представлено наукові результати за такими тематичними напрямками: математичні проблеми керування та теорії динамічних ігор; прикладний нелінійний аналіз, багатозначні відображення та їх застосування; керування та ідентифікація в умовах невизначеності; оптимізація складних систем, чисельні методи; керування технічними, технологічними та біотехнічними об'єктами; керування аерокосмічними, морськими та іншими рухомими об'єктами; робототехніка та мехатроніка; інтернет речей та вбудовані системи; інтелектуальні системи та технології; розподілені та паралельні обчислення; проблеми надійності та інформаційної безпеки систем керування.

Automatics 2024: Abstracts of the XXVII International Conference of Automatic Control, Dnipro, November, 20-22, 2024. – Dnipro: DNU, 2024. – 228 p. Text: Ukrainian, English.

The collection of conference abstracts presents scientific results in the following thematic areas: mathematical problems of control theory and dynamic game theory; applied nonlinear analysis, multivalued mappings and their applications; control and identification under uncertainty; optimization of complex systems, numerical analysis; control of technical, technological, and biotechnological objects; control of aerospace, maritime, and other moving objects; robotics and mechatronics; the Internet of Things and embedded systems; intelligent systems and technologies; distributed and parallel computing; reliability and information security issues of control systems.

Всеволод Михайлович Кунцевич (1929 – 2022)

Видатний український вчений, відомий науковій спільноті своїми фундаментальними роботами в галузі дискретних систем керування, зокрема, дослідженню проблем синтезу, робастності, стійкості таких систем, ігровим задачам та їх практичними застосуваннями в авіаційній та ракетній промисловості.



Коло наукових інтересів вченого надзвичайно широке. Це, перш за все, нелінійні системи керування з частотно-широотною імпульсною модуляцією. Подальші дослідження пов'язані з проблемою синтезу нелінійних систем керування за допомогою апарату функцій Ляпунова. В.М. Кунцевич разом з учнями розробили новий підхід до побудови адаптивних систем керування, що базується на методах розв'язання задач параметричної ідентифікації. Разом з академіком НАН України Б.М. Пшеничним він виконав цикл робіт по дослідженню динаміки систем, визначенню їх мінімальних інваріантних множин. Зокрема, було отримано розв'язок узагальненої задачі Булгакова про накопичення збурень. В своїх роботах В.М. Кунцевич довів справедливості гіпотези Айзермана для дискретних систем.

Представники наукової школи Кунцевича працюють в різних точках земної кулі. Всеволод Михайлович підготував 11 докторів та 30 кандидатів наук, він автор 7 монографій та більш ніж 300 наукових робіт.

Академік Кунцевич проводив велику організаційну роботу. Він організував та очолив Інститут космічних досліджень (1996), був Головою Асоціації автоматичного керування України, головним редактором Міжнародного науково технічного журналу “Проблеми керування та інформатики” (1989), провів 26 Міжнародних конференцій “Автоматика”.

За свою титанічну працю В.М. Кунцевич нагороджений багатьма урядовими нагородами, він – лауреат 3 Державних премій України.

У В.М. Кунцевича завжди був свій дослідницький стиль: ясність і природність думки в сполученні з блискучою інтуїцією, що і визначило його найвищу наукову репутацію.

Юрій Георгійович Кривонос (1939 – 2017)



Відомий український вчений та організатор науки, дослідження якого присвячені інформаційним комп'ютерним технологіям та математичному моделюванню, зокрема, методам послідовної ідентифікації математичних моделей хвильових та швидкоплинних фізичних і технологічних процесів, прикладним задачам керування системами з розподіленими параметрами.

Ю.Г. Кривонос закінчив мех.-мат. факультет Дніпропетровського університету і в подальшому працював постійно в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. На його долю випав величезний об'єм організаційної роботи: з 1977 по 1996 роки – вчений секретар інституту, а з 1996 року – заступник директора з наукової роботи Інституту кібернетики.

За цих умов Юрій Георгійович знаходив час для активної наукової роботи. Він займався задачами розрахунку керуючої системи рівноваги плазменного шнура, індукційного утримання великих мас рідкого металу, за його участю були закладені основи теорії збудження псевдоінверсних і проєктивних операцій в застосуванні до розв'язання проблем керування динамічними системами, аналізу та синтезу високоякісних систем кластеризації, задачами оптимізації конфліктно-керованих процесів, що визначаються системами змінної структури та з імпульсними керуваннями. Учні Ю.Г. Кривоноса продовжують розвивати його ідеї. Академік Ю.Г. Кривонос автор 6 монографій та більше, ніж 150 робіт. Він Заслужений діяч науки і техніки (2000), нагороджений багатьма відзнаками та орденами України, НАН України.

Юрій Георгійович – авторитетний спеціаліст серед науковців, він був прекрасним керівником, яскравою, принциповою в той же час доброзичливою людиною.

PECULIARITIES OF INITIAL CONDITION SPECIFICATION IN A PROBLEM OF WAVE PACKET PROPAGATION IN LAYERED FLUID

Avramenko O.V., *o.avramenko@ukma.edu.ua*

National University of Kyiv-Mohyla Academy

The problem of wave packet propagation along the interface of two semi-infinite fluids with different densities is considered within the framework of a weakly nonlinear model, taking surface tension into account. The method of multiple scales expansions is applied. The analytical analysis of admissible initial conditions is carried out in two stages. In the first stage, the initial perturbation of the free surface is specified as a smooth function symmetric about the central point. This function is expanded into a series of the first harmonics, taking into account the dispersion relation. In the second stage, a sequence of second harmonics is constructed that satisfies the evolution equation, namely, the nonlinear Schrödinger equation.

It was found that at the initial moment, the deviation of the central point of the contact surface, caused by the second harmonic, sharply increases with increasing surface tension, and then the deviation begins to decrease, taking negative values corresponding to a trough. Thus, the second harmonic is highly sensitive to the value of surface tension, especially at low values, and the region where the surface deviation is sensitive to changes in surface tension expands as the density ratio of the upper and lower fluids decreases.

Additionally, it was revealed, if surface tension is not considered in the problem formulation, the contribution of the second harmonic takes the form of a bright soliton. For small values of surface tension, oscillatory components are observed, with the peak at the central point increasing. With further increases in surface tension, the oscillations intensify, and their amplitudes become comparable to the deviation at the central point. At even higher values of surface tension, the deviations take on a form characteristic of a dark soliton, which fully corresponds to the presence of a trough at the central point.

GROUP DIFFERENTIAL-DIFFERENCE GAME OF APPROACH FOR DIFFERENT INERTIA OBJECTS

Baranovska L.V., *lesia@baranovsky.org*

Institute of Artificial Intelligence Problems

The issue of optimal management of moving objects in conflict conditions is quite topical today. In particular, in the military and commercial sectors, unmanned aerial vehicles are increasingly used, which acquire more and more functional capabilities, and the variety of technical characteristics of such vehicles makes it difficult to control them simultaneously in a group. Many works consider heuristic methods of controlling moving objects, in particular, prototypes of unmanned aerial vehicles, the results of which are confirmed by computer experiments and field tests. For the theoretical substantiation of such practical results, it is necessary to develop a mathematical apparatus for problems of convergence of conflict-controlled objects with different inertia and methods of building optimal strategies for intercepting targets, in particular, in dynamic games with many participants.

This paper considers the task of bringing a group of pursuers closer to one fugitive. A dynamic system is described by a system of differential equations with a delay, and moving objects have different inertia [1]. An approach to the solution of this problem based on the method of resolving functions is proposed [2]. The guaranteed time of the game termination is found, and the corresponding control law is constructed.

References

1. Chikrii A. Conflict-Controlled Processes. Springer Science & Business Media, 2013.
2. Baranovska L.V. Method of resolving functions for the differential-difference pursuit game for different-inertia objects. Studies in Systems, Decision and Control, 2016, Vol. 69, pp. 159–176. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40673-2_7.

ADVANCED VIRTUAL-REALITY BASED HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR TRAINING UAV OPERATORS

Bondar S.O., Popov I.V., Komar M.M., Lakhtyr D.A., *seriybrm@gmail.com*

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine

Our scientists have created a universal educational program complex for the training of unmanned aerial vehicle (UAV) operators. The complex allows you to simulate aircraft of various types and sizes, as well as flights in various weather conditions. The complex provides full training of operators in conditions close to real ones, without the risk of damage to the aircraft.

With the expansion of the field of UAV applications, there is a need for more aircraft operators who have all the skills of remote control of UAVs.

A flexible software package has been developed that can be configured for virtual reality-based simulators to enhance training capabilities and can also be used as a ground control point for UAVs [1]. Additionally, UAV operators training takes place according to global standards that will allow implementation worldwide. The following methods were used during development (Fig. 1):

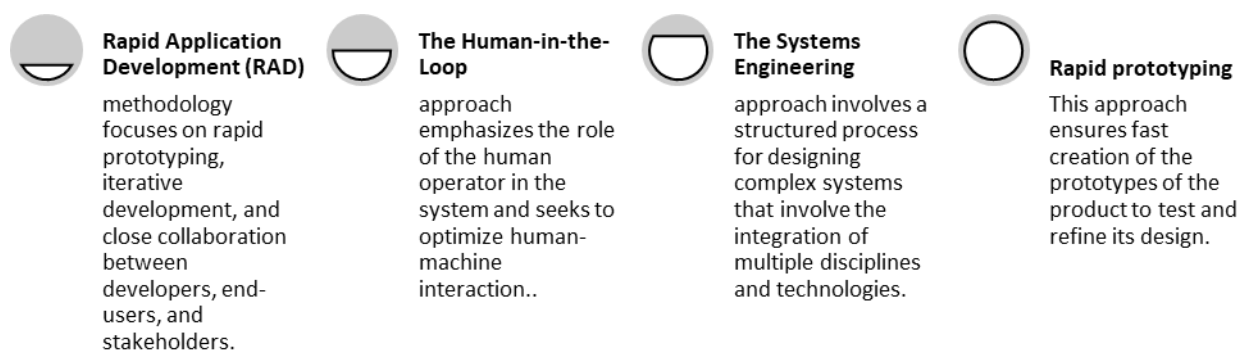


Fig.1. Methods that were used in the development

According to the research plan, several blocks of tasks were performed:

- development of models that will merge parts to the virtual environment;
- creation of methods of data analysis, structuring and combination from various sources into a single "information image" of the situation;

- methodical approaches development accounting the experience of managing UAVs under conditions of obstacles, communication limitations [2];
- application software development for computer modeling of typical management and navigation tasks;
- creation of a prototype simulation complex for training UAV operators;
- testing.

Experiments were conducted on a real flight task (movement along a given route with a variable flight profile in height). In the process of simulation, control of the flight height, lateral displacement and flight speed of the UAV, which implements the flight task, is carried out by the autopilot. UAV motion simulation is carried out using a developed modular principle built flight simulation software complex. The flight data logging and display module is used to acquire, log, display and save flight data for real-time visualization and further analysis. The hardware and software complex is a necessary tool used to solve complex scientific, design, engineering and operational tasks.

FUNDING The research is done under grant support of the Ukrainian National Research Fund within the framework of “Modern hardware and software complex for unmanned aerial vehicle operators training” project (registration number 2023.04/0082) implemented within Science to Strengthen Defense Capabilities of Ukraine competition.

References

1. Volkov, O., Komar, M., Rachkovskij, D., Volosheniuk, D. (2022). Technology of Autonomous Take-Off and Landing for the Modern Flight and Navigation Complex of an UAV., *Cybernetics and Systems Analysis* (Vol. 58, Issue 6, pp. 882–888). <https://doi.org/10.1007/s10559-023-00521-1>
2. R. Odarchenko, P. Usik, O. Volkov, V. Simakhin, O. Gospodarchuk, (2019) 5G Networks Cyberincidents Monitoring System for Drone Communications, 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of UAV Developments, pp.165-69. <https://doi.org/10.1109/apuavd47061.2019.8943890>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM FOR TRENDS ANALYSIS IN ALLERGENIC HAZARDS AND ALLERGEN SPREAD

Brovko D.V., *brovko.dnl@gmail.com*, **Baranovska L.V.**, *lesia@baranovsky.org*

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic

Institute"

Institute of Artificial Intelligence Problems

The artificial intelligence system "PolliWeather" is created to track and forecast the allergenic danger and the spread of ragweed pollen allergens depending on the weather conditions and districts of Kyiv. This system can inform people about the level of allergen danger in different areas of the city, analyzing and predicting the risk of developing hay fever depending on the time of day, season, and districts of Kyiv. The AI system for trends analysis in allergenic hazard and allergen spread in Kyiv city is structured into a microservices architecture comprising two primary services interconnected with a MySQL database. This approach provides flexibility in terms of programming languages and frameworks. These services are designed to handle different aspects of the system's functionality, namely data scraping and data analytics. The overall architecture of the cluster is shown in Figure 1.

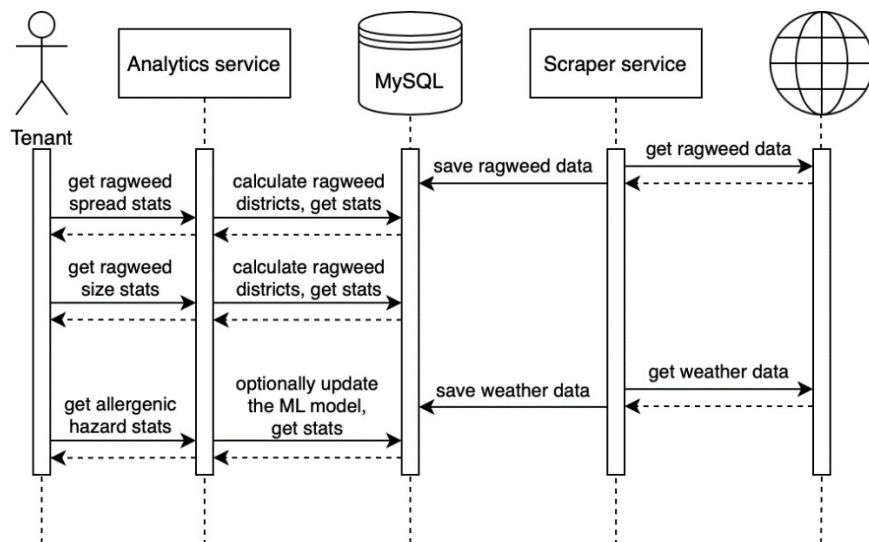


Fig. 1. The sequence diagram of the AI analytics system

Key findings indicate that the Darnytskyi, Desnianskyi, and Dniprovskyi districts experience the highest ragweed spread and allergenic risks, especially during peak periods, while the Pechersky district remains comparatively safe. The results of the mathematical model analysis showed that the general pollinosis season lasts from April to October, with a peak between June and September. The study predicts a decrease in the risk of pollen-related allergies over the next three years due to global warming, which increases air humidity due to melting glaciers. However, residents of large built-up cities suffer more from pollen allergies due to the urban heat island effect, which leads to higher temperatures in the city. With this information, people will be able to take steps in advance to avoid health problems.

The presence of ragweed is consistent across all districts, with around 12500 locations also identified in other Ukrainian cities, highlighting the need for nationwide research expansion.

References

1. Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A.J., et al. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *J Big Data*, 2021, 8, 53. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
2. Triebe, O., Laptev, N., Rajagopal, R. AR-Net: A simple Auto-Regressive Neural Network for time-series, 2019, pp. 1–12. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1911.12436>
3. Galli, S. J., Tsai, M., Piliponsky, A. M. The development of allergic inflammation. *Nature*, 2008, Vol. 454, No. 7203. pp. 445–454. <https://doi.org/10.1038/nature07204>

TIME DILATION PRINCIPLE TO SOLVE COMPLEX GAME DYNAMIC PROBLEMS OF APPROACH

Chikrii G.Ts., *g.chikrii@gmail.com*

Kuzmenko V.M., *kvn_ukr@yahoo.com*

V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine

We consider the problem of approaching a linear subset by the trajectory of conflict-controlled process, described by the quasi-linear system. Note that such form of terminal set is suited the pursuit problems, in which the goal of one of opposing sides (the pursuer) is either coincidence of its geometric coordinates with those of the another side (the evader) or the achievement of soft meeting with the evader (simultaneous coincidence of their geometric coordinates and velocities). As a main tool for investigation we use the generalized form of Pontryagin's First Direct Method (FDM). Created to make decision in the linear differential games, it is one of most effective mathematical methods, providing guaranteed result without warring about optimality. At the core of FDM lies the condition of the same name that reflects an advantage of the pursuer over the evader in control resources. However, there are classes of the problems in which this condition does not hold, e.g. the pursuit problems for oscillatory systems, problems of soft meeting etc. D. Zonnevend, Pontryagin's postgraduate, advanced an idea to weaken this condition by incorporating certain non-negative increasing differentiable function, later named by the function of time dilation, and with its help to construct current control of the pursuer on the basis of information on the evader control in the past. Unfortunately, the supporting example contained a slip. Establishment of close relation of this approach with the passage from original game of pursuit with complete information to the game with the time variable information delay gave rise to further development of this approach, later called Principle of Time Dilation (PTD) [1-3]. A number of model examples have been explored with its use. We have applied PTD to solve the game problem of soft meeting of controlled oscillatory systems.

Sufficient conditions on the game parameters, ensuring the guaranteed game termination, have been obtained, the appropriate function of time dilation has been deduced and on its basis the way of constructing the pursuer control with regard to the evader's control in the past have been specified [1, 3]. With the use of software tools, we have created a visualization of the process of convergence on a plane, under one-time switch of the evader orbit and various systems' parameters [3]. Here we study the case when suitable function of time dilation has a countable number of the first-order discontinuities and is continuously differentiable at the points of its continuity. We deduce sufficient conditions for the guaranteed game termination in a finite time. This makes it feasible to study in detail the problem of soft meeting for the different inertia objects. To be specific, one of the objects is moving in accordance with the Newton Second Law under friction and another one is performing damping oscillations. We deduce conditions on the game parameters, providing the objects soft meeting and provide formula for pursuer's control, realizing this for arbitrary counter-controls of the evader. It should be emphasized that, unlike the case of continuous function of time dilation, the pursuer's control is constructed on the basis of the evader control on the time semi-interval in the past. The computer simulation of the process of soft convergence, performed for various system parameters, illustrates the presented result.

References

1. G. Ts. Chikrii. Using the effect of information delay in differential pursuit games. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2007. Vol. 43, N2. P. 233–245.
2. G. Ts. Chikrii. Principle of Time Dilation in Game Problems of Dynamics. Book chapter in “Recent Developments in Automatic Control Systems”. River Publishers, Denmark, 2021. P. 113–129.
3. G.Ts. Chikrii and V.M. Kuzmenko. Solving the soft convergence problem for controlled oscillatory systems based on the time dilation principle. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2023. Vol. 59, N3, P. 428–438.

REINFORCEMENT LEARNING ALGORITHMS FOR INTELLIGENT CONTROL IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Drahan M.S., *mykhailodrahan@gmail.com*

Pysarenko A.V., *pysarenko.andrii@lil.kpi.ua*

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Cyber-physical systems (CPS) consist of interacting networks of physical and computational components that interface with humans, offering real-time responses and intelligent behaviors. Integrating reinforcement learning (RL) into CPS significantly enhances their ability to adapt and make complex decisions in real-time. RL has demonstrated effectiveness in addressing research challenges within complex, dynamic, and heterogeneous CPS environments [1]. However, RL encompasses a variety of algorithms, each tailored to specific tasks and challenges within CPS contexts, making it significant to categorize these algorithms based on their suitability for intelligent control. The authors of [2] classified RL algorithms according to the types of states and actions; building on this, we propose the following classification to enhance decision-making capabilities in CPS.

Limited states represent environments with discrete and finite state spaces, which facilitate the use of simpler tabular methods like Q-tables, enabling efficient decision-making. For example, in a structured environment like a warehouse, an autonomous robot (AR) can learn optimal navigation routes by assessing all possible states, leading to reliable and efficient performance. In contrast, unlimited states involve continuous or expansive state spaces, necessitating approximation techniques such as neural networks, as storing all potential states is infeasible due to their vast numbers. Neural networks enable intelligent decision-making in dynamic and unpredictable environments, such as urban settings, by generalizing from past experiences.

Discrete actions encompass a finite set of predefined choices, making decision-making more straightforward and well-suited for tasks like grid

navigation, where agents can follow structured processes for quick responses. On the other hand, continuous actions include an infinite range of possibilities, demanding more sophisticated decision-making approaches, often required in applications like precise robotic manipulation or autonomous vehicle (AV) control.

On-policy methods evaluate and optimize the policy currently being executed by the agent, making them particularly effective in stable environments where dynamics remain relatively constant. For instance, an AR operating in a static warehouse can refine its navigation policy to optimize its performance. In contrast, off-policy methods learn the value of a different policy than the one currently being used for exploration, which allows for greater flexibility and the ability to leverage past experiences. This capability enables autonomous systems to adapt to various scenarios, using a broader knowledge base to enhance decision-making. For example, an AV can utilize past driving experiences, even those not directly relevant to current conditions, to make more informed real-time decisions.

Single-agent systems involve one agent focusing on optimizing its own behavior to achieve a goal within the environment. Multi-agent systems, however, consist of multiple agents that may collaborate or compete, requiring each agent to consider the actions and strategies of others, thereby increasing the complexity of intelligent decision-making processes.

References

1. Liu, Xing, et al. "Reinforcement learning for cyber-physical systems." 2019 IEEE International Conference on Industrial Internet (ICII). IEEE, 2019.
2. AlMahamid, Fadi, and Katarina Grolinger. "Autonomous unmanned aerial vehicle navigation using reinforcement learning: A systematic review." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 115 (2022): 105321.

INTELLIGENT SYSTEM FOR ASSESSING THE BODY'S ADAPTATION CAPABILITIES TO INCREASED LOADS

Fainzilberg L.S., *fainzilberg@gmail.com*

*International Research and Training Centre for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

The intelligent mobile system for rapid assessment of human body adaptive capabilities under physical and emotional overload is considered (Fig. 1).

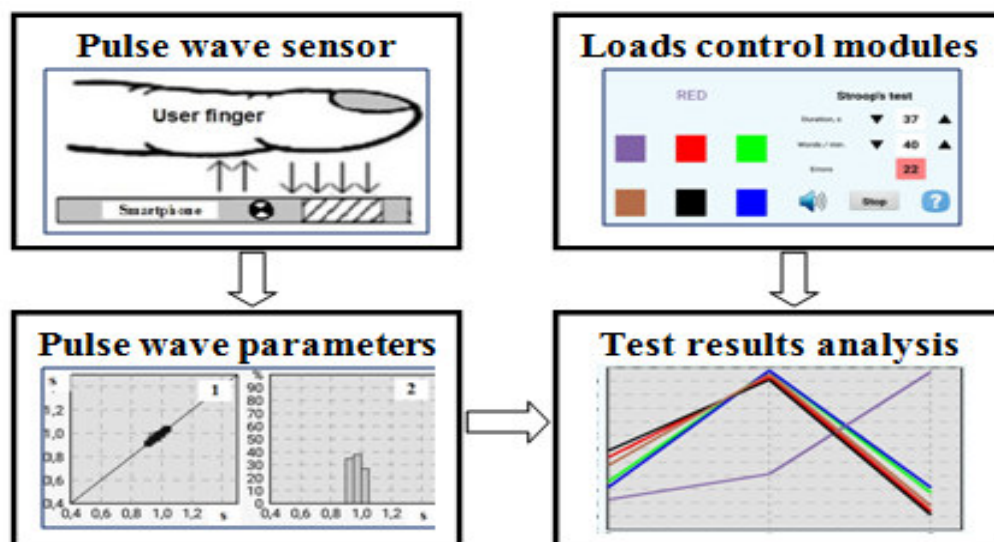


Fig. 1. Simplified structure of the mobile system

Based on a set of original filtering algorithms using a Smartphone camera without additional technical means, the pulse wave of the subject is recorded.

To assess a person's adaptive capabilities, three groups of pulse wave indicators calculating at rest, immediately after exercise, and after a 3-minute rest are automatically determine.

Statistical and spectral indices of heart rate variability are used as such indices. In addition using numerical differentiation algorithms with necessary

regularization procedures, characteristic points of the averaged pulse wave are determined by which the pulse wave propagation velocity is calculated.

The system has two software modules for managing physical and emotional loads. The first module provides management of physical loads based on the Ruffier test. For convenience, a procedure for animating a virtual teacher demonstrating the correct technique for performing the test has been implemented. Adaptation of testing parameters is provided taking into account the individual characteristics of the subject.

The second module provides control over emotional load based on the Stroop effect [1]. Testing is reduced to performing a mental task under time pressure. The system automatically analyzes and signals possible errors causing additional emotional load.

Based on indicators $\langle x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)} \rangle$, $i = 1, \dots, N$ calculated on the testing results a specific graphic image is generated, which, in accordance with the patent [2], provides an integrated assessment of the adaptive capabilities of the test subject.

Experimental studies have confirmed that the original computing procedures implemented on a Smartphone running the ANDROID operating system ensure the convenience and reliability of the system in field conditions.

References

1. Esgalhado G, Pereira H., Silva P. Adaptation of an Emotional Stroop Test for Screening of Suicidal Ideation in Portugal. Behav. Sci. 2022, No. 12, P. 281-292.
2. Fainzilberg L. S. The method of assessing the adequacy of the body's response to stress // Patent of Ukraine for an invention, No. 116548. Byul. No. 27, 2018.

OPTIMIZATION MODEL FOR PHASING ORBIT SELECTION OF EMERGENCY ORBITAL SERVICE ON SOLAR SYNCHRONOUS ORBITS

Goldshtein Y. M., *jura_gold@meta.ua*

*Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences
of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine*

Solar synchronous orbits are characterized by favorable properties for the creation of space systems. As a result, the number of spacecraft operating in these orbits is constantly growing. The need for emergency orbital service of spacecraft arises in case of unforeseen, emergency situations with them. According to available statistical estimates, emergency situations with serviced spacecraft do not occur often. Therefore, serviced spacecraft must be within reach of the service spacecraft for a long time. When planning emergency orbital services, it is also necessary to meet the following restrictions: not to exceed the allowable time of convergence of the service spacecraft with any of the serviced spacecraft and at the same time not to exceed the allowable energy costs of the service spacecraft.

The aim of the work is to develop an optimization mathematical model with restrictions for the selection of phasing orbit parameters, the use of which allows minimizing the maximum execution time of emergency orbital service of a group of spacecraft in the field of solar synchronous orbits. The method of solving the problem is minimax optimization with constraints. In the minimax approach, the optimization problem is formulated as the problem of finding the best solution that guarantees the achievement of the result for any set of uncertain factors from among the allowable ones. The developed mathematical model can be used in the planning of emergency orbital service operations to minimize the maximum execution time of transport operations of emergency service due to the special choice of parameters of the orbits of phasing of the service spacecraft.

FINANCIAL FORECASTING STRATEGIES: INTEGRATING DATA-DRIVEN APPROACHES AND ADVANCED MODELS

Guk N.A., Gerasimov E.A., *izanamissues@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

Financial forecasting is a vital practice that hinges on three key financial reports: the Income Statement, Balance Sheet, and Cash Flow Statement. These reports provide essential insights into a company's financial health and intrinsic value, serving as crucial tools for managers, investors, and auditors.

Forecasting methods can be broadly classified into two categories: qualitative and quantitative. Qualitative forecasting relies on subjective insights, such as reasoning, intuition, and experience, while quantitative forecasting employs mathematical models for a more objective analysis of data. Quantitative methods are further divided into two main types: time-series models and associative (or causal) models. Time-series models analyze historical data to predict future trends by identifying patterns, whereas associative models link forecasted quantities to other variables in the data environment, utilizing techniques such as regression, covariance, and correlation analysis.

The relevance of financial forecasting in today's dynamic economic landscape can be summarized in several key points:

- **Planning and Decision-Making:** Forecasting financial indicators allows organizations to allocate budgets and resources effectively, guiding management in making informed decisions about investments and business strategies.
- **Risk Management:** By identifying potential risks and uncertainties, financial forecasting aids in developing strategies to mitigate them, which is especially critical during market fluctuations and economic downturns.

- **Attracting Investors:** Reliable financial forecasts are essential for companies seeking investment, as they instill confidence in potential investors regarding the company's stability and future prospects.
- **Competitive Advantages:** Accurate financial forecasts enable organizations to swiftly adapt to market changes, providing a competitive edge in responding to new conditions.
- **Regulatory Compliance:** Many jurisdictions impose legal requirements for financial reporting and forecasting, necessitating careful attention to these processes.
- **Technological Advancements:** Modern technologies like machine learning and artificial intelligence have enhanced the precision of financial forecasting, allowing for more effective analysis of large data sets.
- **Globalization:** In an interconnected world, external factors influencing financial performance are numerous. Forecasting helps organizations account for international trends and adjust strategies to meet global challenges.

Despite its importance, financial forecasting is not without challenges. One major hurdle is the availability and quality of data. Inaccurate or incomplete historical data can lead to flawed forecasts, making data integrity a critical concern. Additionally, external factors such as economic shifts, regulatory changes, and unexpected events (like natural disasters or pandemics) can significantly impact forecast accuracy. Another challenge is the complexity of modeling.

Choosing the right forecasting model is crucial, as different models may yield varying results based on the same data. This requires expertise and a deep understanding of the underlying business dynamics. Moreover, organizations may face internal resistance to change, particularly if forecasts conflict with established beliefs or practices.

ALGORITHMS FOR NUMERICAL ANALYSIS OF A CONTROLLED THERMOSTATIC SYSTEM

Hart L.L., *ll_hart@ukr.net*, **Hart A.V.**, *av.hart.237@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

Currently, numerical modeling of heat transfer processes is becoming increasingly important, since modern science and technology require reliable prediction of such processes, the experimental study of which in laboratory or natural conditions is difficult and expensive.

An important class of applied problems are problems of controlling the thermal state of the object under study, including thermostat problems, where it is necessary to maintain a given temperature in a certain part of the computational domain due to certain thermal effects.

Distributed or point internal heat sources, such as heaters can act as control. This paper considers the problem of optimal control of sources in the heat conduction problem, in which the quality of control is assessed by a quadratic quality functional, and the optimality conditions in the optimal control problem are formulated in the form of a system including a primal state equation, an adjoint state equation.

The problem of controlling the temperature of an isotropic solid (plate) is considered [1], when the computational domain has the form $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$, where $\Omega = \{s = (s_1, s_2) \in \mathbb{R}^2: 0 < s_1 < l_1, 0 < s_2 < l_2\}$. The stationary field when controlling distributed heat sources is determined from the equation

$$L x = f(s) + u(s), \quad s \in \Omega, \quad (1)$$

where $L = \sum_{\alpha=1}^2 L_{\alpha}$, $L_{\alpha} x = -\frac{\partial}{\partial s_{\alpha}} \left(k(s) \frac{\partial x}{\partial s_{\alpha}} \right)$, with the boundary conditions

$$x(s) = g(s), \quad s \in \Gamma, \quad (2)$$

under the usual assumptions that $f(s), k(s), g(s)$ are given continuous functions in their domain of definition, $k(s) \geq C > 0, s \in \Omega$; $x(s)$ is the desired function in Ω .

It is assumed that the temperature is monitored in the entire computational domain, so the quality functional is considered in the form

$$J(u) = \int_{\Omega} (x(s; u) - \varphi(s))^2 ds, \quad (3)$$

where $\varphi(s)$ is a given function in Ω (desired temperature distribution). Thus, it is required to find a control $u(s) \in L_2(\Omega)$ and the corresponding state $x(s; u), s \in \Omega$ of the system, which provide the minimum value of the functional (3) under conditions (1), (2) (optimal control problem with no control constraints).

To approximately solve the optimal control problem (1)–(3), the grid method [2] was used: second-order accurate grid analogues were constructed to approximate both the functional $J(u)$ and the primal and adjoint boundary value problems.

To solve the obtained difference schemes, the Fourier method of separation of variables and the simple iteration method were used, and to minimize the grid functional under appropriate conditions, the steepest descent method was used.

Along with problem (1)–(3), problems of minimizing the auxiliary functionals

$$J_n(u) = J(u) + \alpha_n \int_{\Omega} u^2(s) ds, \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

were considered under conditions (1), (2), where $\alpha_n > 0$ are numerical parameters, such that $\alpha_n \rightarrow 0$ as $n \rightarrow \infty$. It should be noted that for each $n = 1, 2, \dots$ the optimal control problem (1), (2), (4) is a well-posed problem in the sense of [3] due to the strong convexity of the functional (4) in $L_2(\Omega)$ under conditions (1), (2).

For each fixed $n = 1, 2, \dots$, the problem of unconstrained minimization of the functional $J_n(u)$ in $L_2(\Omega)$ under conditions (1), (2) can be solved using the developed grid algorithms with a given calculation accuracy $\varepsilon_n(\alpha_n) > 0$. We propose an effective regularization approach [4] to approximate solving the

original optimal control problem (1)–(3), which provides the construction of a minimizing sequence of approximations for the functional (3) under conditions (1), (2). To implement this approach, it is planned to develop software that will allow one to analyze the results obtained and study the practical convergence of the constructed numerical algorithms.

References

1. Samarskii A.A., Vabishchevich P.N. Numerical methods for solving inverse problems of mathematical physics. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 2007. 534 p.
2. Samarskii A.A. The theory of difference schemes. New York: CRC Press, 2001. 788 p.
3. Vasiliev F.P. Lectures on methods for solving extremal problems. MSU Publishing House, 1974. 376 p. [in Russian]
4. Hart L.L. Projection-iteration methods for solving operator equations and infinite-dimensional optimization problems: Thesis submitted for a doctor's of science degree in physical-mathematical sciences by speciality 01.05.01, Ministry of Education and Science of Ukraine. Dnipro: DNU, 2017. 293 p. [in Ukrainian]

METHOD FOR COMBINING 3D MODELS IN SCENE MONITORING PROCESSES

Hubskiy O.M., Popov I.V., Hubskiy Y.M., *popigor7@gmail.com*

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine

Intelligent technologies have expanded automation in spatial scene monitoring [1]. Automating stage production involves combining various 3D models to identify scene objects. These models often have inconsistent parameters like scale and perspective, requiring coordination of diverse digital data arrays. Combining scene objects typically involves multiple iterations of manual model scale adjustments.

Offered to speed up and simplify work with 3D object models adapt the previously developed method of combining 3D models [2] with a method that integrates 3D environment models based on camera trajectories [3], and extend it to data processing in stage action observation tasks. A feature of the proposed method is the direct compilation of 3D models tied to a sequence of frames characterizing the movement of the camera based on photogrammetry. Reduction to a single view occurs by parallel scaling of the parameters to the given values of the environment parameters for the 3D model, when the parameters of the three-dimensional environment are set as $[a; b; c]$, none of the combinations of parameters $[n; m; l]$ cannot be $[n > a; m > b; l > c]$. Scaling can be proportional or individually calculated for each parameter automatically.

The 3D model combination method involves several steps. First, interface-determined environmental parameters and primary scene data are obtained. Data sets are then reduced to a single view based on environment parameters and 3D model overlay specifications, selecting only algebraically matchable data without human intervention.

Next, data sets are processed in parallel for each 3D model, reducing failure probability. The resulting combined 3D model is compared with the environment using control points that also indicate the camera position. The model is checked for environmental set inclusion before adding an additional 3D model. Finally, the 3D model parameters are adjusted to match the environment by aligning control point coordinates.

This method of data processing allows us to reduce the number of iterations in the process of combining 3D models. This is achieved by introducing new types of parameters for 3D models that have not been used before. Selection and comparison of camera movement parameters occurs automatically, without human intervention. Therefore, the specified method allows filtering and combining without using combinatorics, which speeds up work. For the practical application of the method, a prototype software with a special interface is being developed for determining the current parameters of the environment and working with 3D objects of the scene space.

References

1. Shepetukha Yu.M., Bondar S.O., Hubskey Ya.M., Popov I.V., Methods of intellectualisation of spatial scene monitoring processes, Cybernetics and Computer Engineering, 2024,2(216), <https://doi.org/10.15407/kvt216.02.070>
2. Humanyuk S., Gubskiy Y., Method of data processing related to the combination of three-dimensional models, (2021) <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1475352>
3. Taku Matsumoto, Toshihide Hanari, Kuniaki Kawabata, Hiroshi Yashiro, Keita Nakamura, Integration of 3D environment models generated from the sections of the image sequence based on the consistency of the estimated camera trajectories, IFAC-PapersOnLine, Vol.56, 2, 2023, pp. 11281-11286, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.322>

NUMERICAL MODEL OF COMBAT OPERATIONS TAKING INTO CONSIDERATION A CONSTANT TIME DELAY

Karimov N.M.^{1,2}, *luckynodir.90@gmail.com*

¹*National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,*

²*Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad
al-Khwarizmi*

In this work, we consider a model of combat operations that takes into account auxiliary forces with a constant delay argument [1–2]:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = -a_1x(t) - b_1y(t - \tau) + u(t), & t \geq 0, \\ \frac{dy(t)}{dt} = -a_2y(t) - b_2x(t - \tau) + v(t), & t \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

The initial values for system (1) are as follows:

$$\begin{cases} x(t) = \varphi_1(t) = x_0, & t \in [-\tau, 0], \\ y(t) = \varphi_2(t) = y_0, & t \in [-\tau, 0]. \end{cases} \quad (2)$$

Where $x(t)$ and $y(t)$ are the number of forces of sides X and Y at time t , respectively τ - is the delay time for the transmission of information about the actions of the opposite parties ($\tau > 0$); a_1, a_2 - coefficients of losses due to non-combat causes; b_1, b_2 - coefficient of losses due to combat actions; $u(t)$ and $v(t)$ are auxiliary force arrival rates i.e. auxiliary force control functions.

Based on Euler's method, we present the algorithm for finding the approximate solution of the initial value problem for the functional differential system (1) – (2) when $u(t) = 0$ and $v(t) = 0$.

Step 1. Giving values

1. a_1, a_2, b_1, b_2, τ assign values to parameters;
2. $\varphi_1 = x_0$ va $\varphi_2 = y_0$ give initial values;
3. Give initial values to calculation step h and maximum time $t_{\max}$;
4. Determine the number of steps of the delay N . $N = t_{\max} / h$.

Step 2. Create an array to save results

1. h step by step create a time array in the range from $-\tau$ to $t_{\max}$;
2. create arrays $x(t)$ and $y(t)$.

Step 3. Assign initial values. Initialize the arrays $x(t)$ and $y(t)$ from 0 to N :

1. $x(t) = x_0$; 2. $y(t) = y_0$

Step 4. Calculation process. For each time step t_i from N to $t_{\max}$, calculate ($N \leq t_i \leq t_{\max}$) :

1. Calculate the values of $x(t_i - N)$ and $y(t_i - N)$;
2. Use Euler's method to calculate the new values of arrays $x(t)$ and $y(t)$;

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i + h(-a_1 x_i - b_1 y(t_i - \tau)), \\ y_{i+1} = y_i + h(-a_2 y_i - b_2 x(t_i - \tau)). \end{cases}$$

3. Check that $x(t)$ or $y(t)$ is less than zero. If any of them is less than zero, stop the loop

Conflict. In this conflict, we assume that the initial number of troops is 7000 for X side and 5000 for Y side. A side with more initial strength suffers 2.5 times more combat losses and 0.75 times more non-combat losses than a side with less strength. Also, if the conflict takes place with a constant delay of $\tau = 1.5$, then which side will win the conflict, how many forces will survive, and how long will the battle last?

Let's assume that the strategies of the distribution of auxiliary forces of the opposing sides are as follows. Let each side have a total of 1000 auxiliaries:

a) Side X directs and distributes its self-supporting forces as follows. These auxiliaries will reinforce X side by 15 from the 11th to the 70th day of the battle, and the remaining 100 auxiliaries will join on the 77th day.

b) On the 20th day of the battle, 300, 500 on the 40th, and 200 on the 60th day of the battle should join the Y side.

In this conflict, side Y wins in 88 days, with 1224 soldiers surviving and a survival rate of 24%.

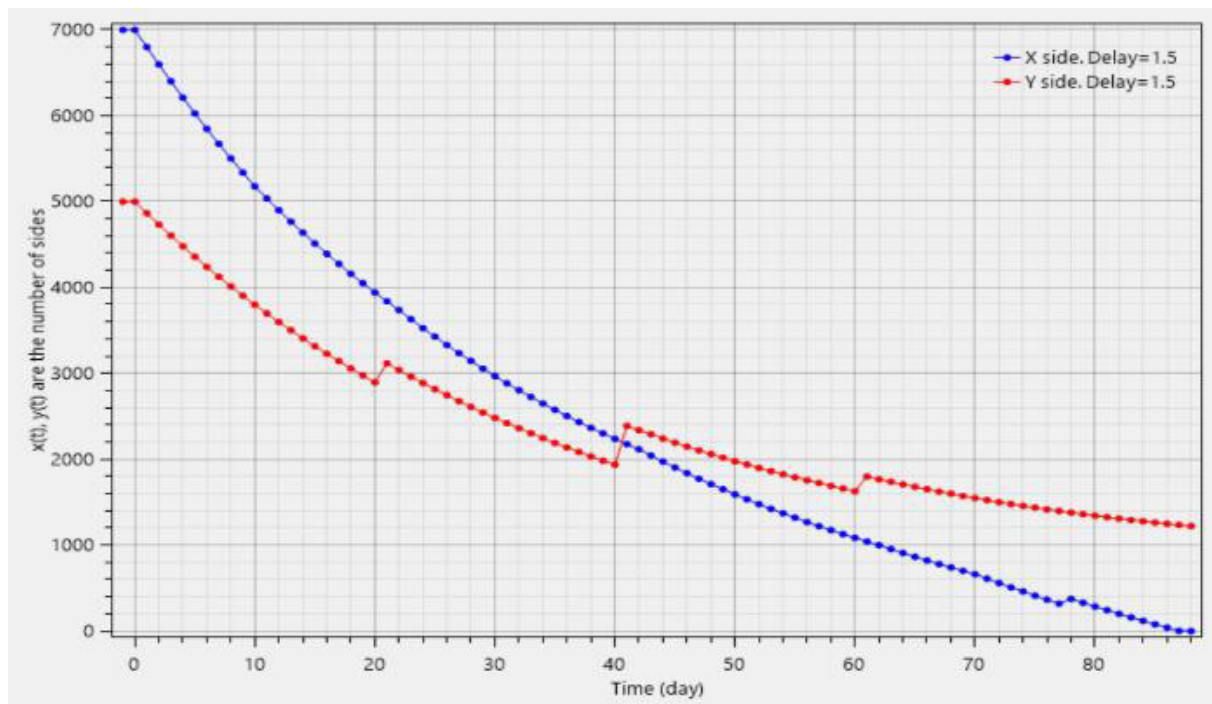


Fig. 1. Graphical solution

Applying the delayed argument to Lanchester's extended quadratic model to mathematically analyze combat conflict situations is effective in understanding the nature of the military actions that take place and more accurately analyzing the results.

References

1. Karimov N.M. About the method of solution the model of combat actions with delay argument. Scientific Bulletin of Namangan State University. Vol. 11. 2023. pp. 49–57.
2. Andriy Shatyrko, Bedřich Půža, Veronika Novotna. Comparative analysis and new field of application of Lanchester's combat models. Post-conference proceedings of selected papers extended version Conference MITAV-2018, Brno, Czech Republic, 2018. pp.118–133.

USE OF DISCRETE AND CONTINUOUS ALGORITHMS FOR THE CONSTRUCTION OF AN OPTIMAL TRAJECTORY IN 3D PRINTING

Kiseleva O.M., *kiseleva47@ukr.net*,

Kuzenkov O.O., *kuzenkov1986@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

In today's world, technological progress in the field of 3D printing is of great interest in the scientific and industrial environment. This technology is widely used in various fields, from manufacturing to medicine and architecture. However, despite the many opportunities it provides, production optimization remains an urgent task that requires constant improvement of algorithms and methods of constructing 3D printing trajectories.

An essential part of this optimization is the development of optimal 3D printing trajectories. Each movement of the print head and rotation of the printer requires time and materials. The main goal of the research is the development of algorithms and methods for optimizing printing trajectories, aimed at minimizing the costs of materials and time, which will increase production efficiency and reduce the cost of manufactured products.

The following tasks were considered and solved in the work: development of the trajectory optimization algorithm; software product implementation; visualization of the obtained trajectory; generation of G-code for the printing machine.

When developing the algorithm, the results of the analysis of existing algorithms were taken into account, in particular, methods that: are based on coordinates; are based on vectors; methods using continuous curves and surfaces; methods that take into account the features of the geometry of objects; methods of determining the trajectory for filling the object.

The adequacy of the developed algorithms was verified during many numerical experiments evaluated using penalties. According to the obtained results, it can be said that the proposed algorithms perform 64% less printing stops, sharp corners, right corners and sectoral breakdowns, which significantly affects the quality and cost of manufactured parts.

APPLICATION OF CLUSTERING METHODS IN SOLVING OPTIMAL SET PARTITIONING PROBLEMS

Kiseleva O.M.¹, Prytomanova O.M.², Filat O.A.¹, filat_o@fpm.dnu.edu.ua

¹*Oles Honchar Dnipro National University*

²*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

In modern optimization theory, significant attention is given to the problems of optimal partitioning of sets, which have a broad range of theoretical and practical applications, particularly in pattern recognition, decision-making theory, and other fields. The theory of continuous optimal partitioning problems of sets in an n -dimensional Euclidean space is based on the methods of infinite-dimensional mathematical programming with Boolean variables.

The main tool for solving optimal partitioning problems is reducing the original infinite-dimensional problem to a finite-dimensional one with non-smooth objective functions, which are solved using efficient non-differentiable optimization methods, such as Shor's r -algorithm and its modifications.

In this work, Shor's r -algorithm has been implemented, where the initial centers are selected based on the results of prior clustering. The user can choose one of the methods for initialization: K-Means, EM clustering, or hierarchical clustering. This approach provides flexibility and avoids random initial positions. Additionally, there is an option to select the metric (Euclidean, Manhattan, or Canberra) used for calculating distances from points to centers. The results of the clustering and r -algorithm are visualized for illustrative analysis. Furthermore, at each iteration of the r -algorithm, the subgradient values for each center are displayed, and upon completion of the algorithm, the final optimal centers of the subsets and the objective functional value are presented.

The application of clustering before the r -algorithm serves as one way of defining the initial coordinate values of the subset centers. Various clustering methods can be applied in this step, which reduces the risk of convergence to a local minimum and allows the r -algorithm to start from positions closer to the optimal ones. This approach decreases the number of iterations and allows for obtaining results with fewer computations.

MATHEMATICAL MODELING OF SPATIAL DYNAMICS OF INFECTIOUS DISEASES

Kiseleva O.M.¹, *kiseleva47@ukr.net*, **Yakovlev S.V.**², *svsyak7@gmail.com*,
Prytomanova O.M.³, *olgmp@ua.fm*, **Kuzenkov O.O.**¹,
kuzenkov1986@gmail.com

¹*Oles Honchar Dnipro National University*

²*Institute of Mathematics, Lodz University of Technology*

³*Vadym Hetman Kyiv National University of Economics*

Introduction. Nowadays, the issue of the spread of infectious diseases among humans and animals is a significant problem that has not only a regional and national, but also a global scale. Only in the 21st century should we name eight events that were classified as epidemics and pandemics, namely:

Disease, causative agent	Region	Number of patients	Number of dead
SARS-CoV-2	The whole world	775 million	18,5-35,2 million
Monkey pox	The whole world	98 thousand	184
Measles	Africa, South and Southeast Asia	20 million / year	140 thousand / year
Dengue fever	Africa, South and Southeast Asia	50 million / year	40 thousand / year
Cholera	Країни, що розвиваються	3-5 million / year	100-140 thousand / year
Chikungunya virus	Africa, South and Southeast Asia, South America	3 million / year	3 thousand / year
MERS, MERS-CoV	Arabian Peninsula	2,5 thousand	880
HIV infection, HIV	The whole world	64,8-113 million	43 million

Thus, in the last 25 years alone, global epidemics and pandemics have affected more than a billion people, of whom, according to various estimates, 20

to 80 million have died. Epidemiologists around the world are constantly and quite successfully trying to formalize the rules and laws of the spread of such diseases, which allows, if not to create a unique mathematical model, then at least to outline a class of models for predicting the states of such systems for some time, and to establish the results of artificial intervention in the system and the results managing it.

Setting the problem. The paper considers a mathematical model of the spatial dynamics of an infectious disease developed using the approaches proposed, including, in the works of Ross R. [1], Macdonald G. [2], Hoppensteadt F. [3]. The study is based on the idea of a population as a set of individuals that are healthy, infected or eliminated. The spatial distribution of the population over the area is taken into account, without taking into account the geographical features of the area and buildings, the metric is considered Euclidean.

Mathematical model. The mathematical model of the spatial dynamics of an infectious disease is proposed to be considered in the following form:

$$\begin{cases} \dot{V}_i = -\alpha_i \cdot V_i + (1 - \beta_i) \cdot (I_i + C_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^n (1 - \alpha_j - G_{ij}) \cdot \phi_{ij} \\ \dot{I}_i = \alpha_i \cdot V_i - \beta_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot c_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n (\alpha_j + G_{ij}) \cdot \phi_{ij} \\ \dot{P}_i = \beta_i (I_i + C_i) \end{cases}$$

where $i = \overline{1..n}$;

V_i - the number of healthy residents i -th territorial sector;

I_i - the number of infected patients i -th territorial sector;

P_i - the number of dead in i -th territorial sector;

N_i - the total number of infected during the study period in i -th territorial sector;

n_i - total number of residents in i -th territorial sector;

D - total number of study weeks;

d_i - total number of dead in i -th territorial sector;

c_i - the total number of personnel (medical and auxiliary) involved in the care of infected patients in i -th territorial sector;

C_i - the number of infected personnel (medical and auxiliary) who were involved in the care of infected patients in i -th territorial sector;

ϕ_{ij} - passenger traffic arriving in the sector i for the accepted time interval from the sector j ;

m_{ij} - the average number of flights from the sector j in the sector i for the accepted time interval (week);

s_{ij} - the average area of vehicles used for transportation from the sector j in sector i .

n - the number of sectors into which the studied area was divided.

Auxiliary parameters $a_i, \beta_i, \gamma_i, G_{ij}, S_{ij}$ it is proposed to calculate the following as follows.

References

1. Ross R. The logical basis of the sanitary policy of mosquito reduction. Science, 1905, vol. 22, no 577, pp. 689–699.
2. Macdonald G. The measurement of malaria transmission. Proc. R. Soc. Med., 1955, vol. 48, no 4, pp. 295–302.
3. Hoppensteadt F. An age dependent epidemic model. Journal of the Franklin Institute, 1974, vol. 297, no 5, pp. 325-333.

GENERALIZED ACTIVE CONTOUR MODEL IN BV SPACE AND ITS APPLICATION TO SATELLITE REMOTE SENSING OF AGRICULTURAL TERRITORIES

Kogut P., *p.kogut@i.ua*

Oles Honchar Dnipro National University

We discuss a new variational problem which is suggested by applications to satellite image segmentation. Since the satellite images are an important source for extracting landscape boundaries and other vegetation structures which can provided extremely useful insights for applications in environmental monitoring, agriculture, forestry, and other related fields. In particular, in agricultural crop field classification, one of a fundamental problem is to provide a disjunctive decomposition of a fixed domain onto finite number of nonempty subsets such that each of these subsets could be associated with a crop that is grown in this area, or with a forest regions, or water zones, and so on, and this correspondence must be established at rather high level of accuracy. Up-to-date and accurate crop maps (or crop field classification) are needed to update agricultural statistics, to provide agricultural crop yield prediction, and are often used in environmental modeling. Typically, such association between a given region and some agricultural crop can be made through the detection and quantitative assessment of green vegetation which is one of the major application of remote sensing studies. The information obtained in this way is a source of knowledge used for environmental resources management. One of the way enabling to get such information is determination of the so-called vegetation indices. Since over years many vegetation indices have been proposed for determining the vigor and health of vegetation, the reliability of information about vegetation directly and strictly depend on the fidelity, preciseness, and smoothness of the corresponding vegetation indices (VI) within an each particular crop field.

Thus, each pixel of the original image can be associated with the corresponding VI-feature. The problem, which is suggested by application to remote sensing satellite image processing, consists in computing a decomposition of the domain Ω of a given image such that

- the VI-characteristic varies smoothly and/or slowly within each subset of Ω ;
- the VI-characteristic varies discontinuously and/or rapidly across most of the boundary between different subsets.

As distinguished features of this statement is that we cannot reduce it to the standard settings of segmentation problem (see, for instance, the Mumford-Shah energy based model and others) are the following ones:

- Each region of Ω should consist of pixels that can be reasonably grouped according to the VI-characteristic. Simultaneously, these regions should be easy to differentiate according to the chosen image feature;
- The respective interiors of image regions should have a more or less simple geometry without gaps. Boundaries of image regions should be smooth enough but also accurate with respect to the chosen image feature;
- The most restrictive obstacle in the construction of such decomposition is the fact that these subdomains should not overlap the borders between fields or contain any fragments of such borders, meaning that they cannot take in even small parts of different fields with arguably different crops.

All of these makes the above mentioned segmentation problem rather challenging. It is enough to observe that a precise consideration of this problem demonstrates that the quantitative interpretation of remote sensing information from vegetation is a complex task. Many studies have limited this interpretation

by assumption that the extracting vegetation information uniformly and smoothly distributed within the particular crop fields. However, this assumption is evidently broken when trying to apply these type vegetation indices on heterogeneous canopies such as plantations with a mixed combination of soil, weeds, and other crops, or plantation where the vegetation of interest has different VI-characteristic due to spacial variability.

The main idea, we realize in the new setting of variational problem, can be briefly described as follows. We propose to make use of the so-called f -decomposition instead the standard Chan-Vese 'active contours without edges' model. The role of the function f in such decomposition has to guarantee that the new objects after the f -decomposition will have homogeneous values of the target function f withig each separate field. In particular, in the case of the agricultural applications, where Ω stands for a zone of interest, the VI-characteristic can be considered as the main feature of this area, i.e. in this case $f(x)=VI(x)$ for all x of Ω . Thus, the main idea, that we push forward is to formulate the segmentation problem as a constrained minimization problem in a special anisotropic BV space, where the 'effect of anisotropy' we associate with the structure topology of VI-distribution.

GENERATION OF STABLE SYSTEMS OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR UNIVARIATE TIME SERIES MODELING

Koshel Y.V., *eugenefade@gmail.com*

Belozyorov V.Ye., *belozvye2017@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

The neural ordinary differential equation (NODE) is a model that allows predicting the desired values as results of an integration of an ODE which has its right-hand side defined as a neural network. NODE can be successfully applied for predicting the univariate time series data with two helper models — encoder and a decoder — that adjust the dimensionality of its inputs and outputs in order to achieve the desired range of behaviors [0].

However, it is often required to model the systems which can change their behavior depending on some external parameters or their internal state. If the NODE model was trained only for one set of such parameters, it can quickly become useless if the environment changes. To address this issue, the hNODE (hyper NODE) architecture was developed. It infers the actual parameters of the NODE model based on the current state of the modeled system and adapts to reflect it in the NODE's trajectories.

The modeled processes are often bounded and (quasi)periodic, which means that the NODE model should also possess these qualities. Once the complete hNODE model is constructed, we can check whether or not these qualities are present throughout the possible parameter space. To do this, we can plot the Lyapunov exponents spectrum of each constructed against the environment parameters that influence it. If the largest values of the spectrum are not greater than zero, the solutions of the constructed model are stable and it can be used to predict the desired values indefinitely without its trajectories diverging into infinity.

An example of this approach is demonstrated on the Fig. 1. It shows the values of the Lyapunov spectrum for the model that generates harmonic signals of frequencies in range from 60 to 600 Hz. Evidently, all the frequency variations lead to construction of a stable system that always approaches some limit cycle in its latent space.

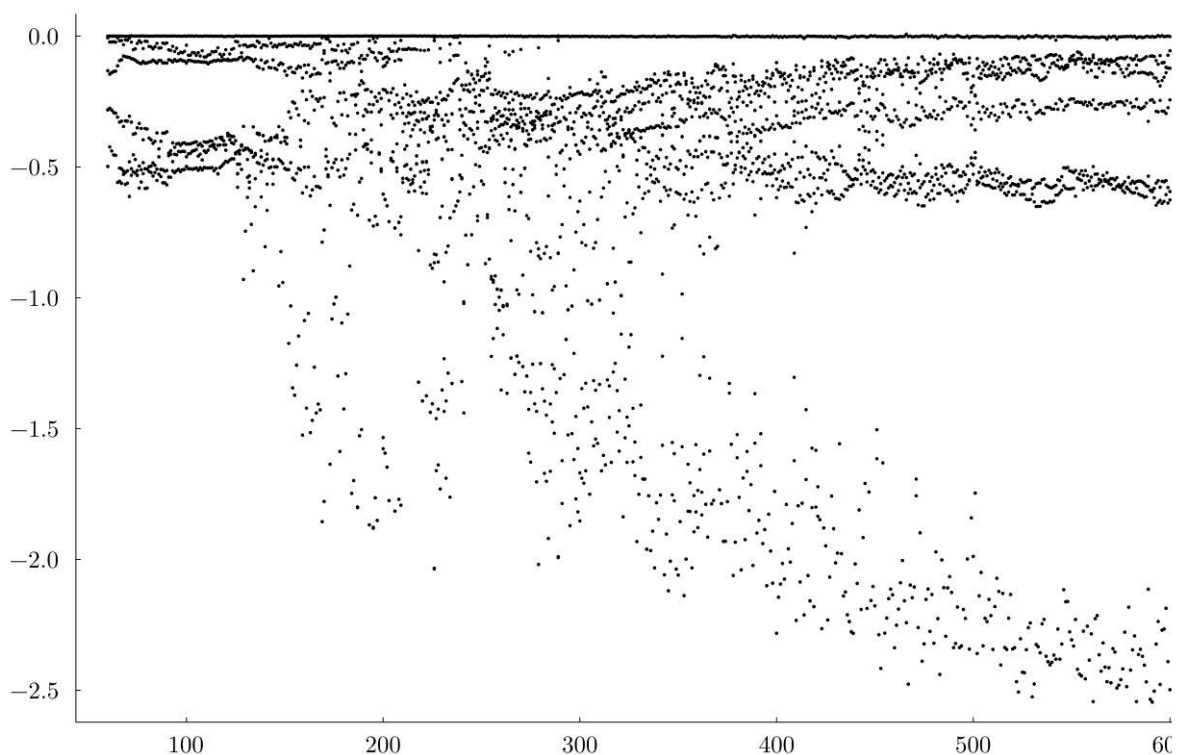


Fig. 1. Lyapunov exponents of the hNODE model for input data with 3 harmonics and frequencies ranging from 60 to 600 Hz, calculated from the initial conditions obtained from the encoder network.

References

1. Koshel Ye. V, Belozyorov V. Ye. Univariate time series analysis with hyper neural ODE. *Journal of Optimization, Differential Equations*. 2023. V. 31(2).

OPTIMIZATION-ORIENTED METHODS FOR THE IMPROVEMENT OF FUZZY CONTROL SYSTEMS

Kozlov O.V.¹, kozlov_ov@ukr.net

Kondratenko Y.P.^{1,2}, y_kondrat2002@yahoo.com

¹*Petro Mohyla Black Sea National University,*

²*Institute of Artificial Intelligence Problems of MES and NAS of Ukraine*

Challenges in industrial and economic development, production intensification, increased productivity of technological complexes, the creation of new equipment models, and the study of natural phenomena are inherently linked to the need for advancing automation levels in various complex dynamic objects and processes. Such objects and processes include industrial robotic complexes, mobile robots and unmanned vehicles, land and air transport, marine vessels and floating structures, thermal power facilities, chemical reactors, thermoacoustic installations, diagnostics and forecasting processes, route planning, and enterprise and organizational rating assessments, among others. The primary objectives in improving modern computer control and decision support systems, used to automate these complex objects and processes across various sectors, are to increase precision, responsiveness, reliability, reduce energy consumption, and expand functional capabilities.

The Fourth Industrial Revolution, rapid artificial intelligence (AI) advancements, and increased computational power have accelerated the use of intelligent automatic control systems (ACS) and decision-support systems (DSS) based on soft computing and fuzzy logic across various fields. Global research confirms the value of fuzzy ACS and DSS for automating complex, dynamic processes with nonlinear, nonstationary parameters under incomplete information, enabling effective expert knowledge integration, human thought modeling, autonomous learning, linguistic model creation, and multidimensional approximation.

The effectiveness of fuzzy systems (FS) heavily relies on the expertise of

developers, as most design methods are based on expert judgments, introducing subjectivity that can reduce system quality and performance. This creates a contradiction: while fuzzy-based ACS and DSS are widely used to automate complex processes across industries, there is a lack of universal methods to standardize their design and reduce dependence on the skill level and subjective input of specialists. This contradiction can be addressed by reducing or eliminating the subjective influence of expert knowledge and heuristic factors on the design of fuzzy logic-based intelligent control and decision-making systems, enhancing their quality and robustness. Achieving this requires the development of new or the refinement of existing optimization-oriented synthesis methods to ensure that complex dynamic objects and processes meet specified technological performance indicators.

The report examines developed optimization-oriented synthesis methods for fuzzy systems, including: 1) hybrid multi-agent methods for parametric optimization of fuzzy ACS and DSS, integrating global and local search procedures; 2) intelligent methods for optimization-oriented rule base synthesis; 3) bio-inspired methods for structural optimization of FS by linguistic terms number and their membership functions types; 4) methods for finding the optimal hierarchical structure of fuzzy DSS; and 5) methods for comprehensive structural-parametric synthesis of fuzzy ACS. It also presents examples of successful application of these optimization-oriented synthesis methods to enhance fuzzy automation systems for various complex technical objects (multipurpose mobile robot, UAV, floating dock for small vessels, specialized pyrolysis complex for solid polymer waste disposal, ship steering machine, and electric vehicle) and a fuzzy DSS for medical diagnostics.

DECENTRALIZED LOAD BALANCING CONSENSUS CONTROL IN DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS WITH UNCERTAIN BUT BOUNDED TIME DELAYS

Lyubchyk L.M., *leonid.liubchyk@khpi.edu.ua*

Dorofieiev Y.I., *yurii.dorofieiev@khpi.edu.ua*

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

Among the problems of networked control, load balancing in distributed computing systems, which is associated with the widespread use of distributed data processing and cloud computing, is a special place. A distinctive feature of the problems considered is the presence of uncertain but bounded communication delays [1].

The models of local controlled agents, which correspond to the nodes of a distributed computing network, are represented by difference equations that describe the change over time in the queue lengths of packets received for processing. It is assumed that at each moment we know: the queue length and current performance of the node, queue lengths and performances of neighboring nodes, which are directly connected to the node in question by communication channels, information on which is received with delays. The delays are represented by integer constants describing the maximum possible values of delays. Control actions describe the number of redistributed tasks between the network nodes. State-dependent controls are formed in the form of a ‘local voting protocol’, in which the value of each node input depends on the weighted sum of differences between its state and the states of its neighbors, information about which is received with delays.

In this paper, we propose a decentralized approach to the consensus control design for load distribution in the presence of uncertain bounded communication delays [2]. The purpose of the control system is to equalize workload among computing units to reduce queues lengths and job execution time considering load balancing as a consensus problem.

The proposed approach is implemented by a decomposed numerical procedure for designing a set of local controllers that ensure stabilization of individual controlled agents. They simulate the dynamics of queues in computing units represented by the nodes of a networked computing system and coordinate their states to ensure consensus conditions.

Local controllers design in the presence of uncertain delays is carried out based on the invariant ellipsoids method, which is extended to systems with bounded delays. The process reduces to solving a set of linear matrix inequalities. As a result, selection of non-stationary gain matrices of local voting protocols is reduced to a sequence of semidefinite programming problems which are solved numerically. The proposed approach makes it possible to obtain sufficient conditions for the closed-loop system stability and guarantee an asymptotic consensus.

The proposed method decomposes the computational procedure for the local controller's design, which reduces to solving a set of optimization problems of a smaller dimension. For large-scale networked control systems, this leads to a significant simplification of calculations and an increase their accuracy. The proposed approach, in comparison with the traditional one, does not require the construction and analysis of high-dimensional Laplacian of the system-wide network topology graph, which is essential when balancing loads in complex networked systems.

References

1. N. Amelina, A. Fradkov, Y. Jiang, D. Vergados. Approximate Consensus in Stochastic Networks With Application to Load Balancing. *IEEE Transaction on Information Theory*, Vol. 61, No. 4, 2015. Pp. 1739-1752.
2. Y.I. Dorofiev, L.M. Lyubchyk, M.M. Malko. Decentralized leader-following consensus control design for discrete-time multi-agent systems with switching topology. *System Research & Information Technologies*, 2024, No 2. Pp. 100-116.

A DIGITAL TWIN OF A LANDMINE DETECTOR DRONE BASED ON THE PROMPT GAMMA NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS METHOD

Maslov O., *maslov.v.oleg@gmail.com*, **Antoshchuk S.**, *asgonpu@gmail.com*,
Galchonkov O., *o.n.galchenkov@gmail.com*, **Mokritskiy V.**,
mokritskiy.v.a.@gmail.com, **Shunin O.**, *mds_aleks@ukr.net*
National University "Odessa Polytechnic"

Systems based on UAVs (unmanned aerial vehicle) that are capable of detecting landmines in a fast and precise way are the only possibility to significantly increase the reliability of the demining process. The technology of inducted metal detection has been leading in the demining area. However, the construction of modern mines makes them a difficult goal for traditional metal detectors. Systems with double or multiple connected detectors contribute to better mine identification, as far as they combine the advantages of two or more sensors.

The Prompt Gamma Neutron Activation Analysis solution has the potential to be a disruptive game changer. The PGNA technology has been used in larger, stationary explosive detection systems. However, we are not aware of any operational solution where small-form-factor neutron generation is integrated into a payload suitable for UAV-based demining.

Nuclear-physical methods involve radiating the target area with a fast neutron beam, which detects and identifies explosive materials using three types of detection (a) neutron backscattering detection, the presence of explosive material can be identified by detecting the unique way neutrons interact with known explosive materials, (b) gamma radiation detection, when a target material is radiated with neutrons, activates a detectable gamma radiation response, measurement of gamma radiation spectra of neutron activation products makes it possible to detect and characterize the specific chemical elements present in a given type of explosive material, (c) secondary gamma

radiation detection, as neutron-activated material releases gamma rays, those gamma rays, in turn, interact with the surrounding material. In nuclear physics methods, including PGNAА, both the hardware and spectra analysis methods (software) are important and influence the measurement performance. To optimize measurement time and height for various scenarios, preliminary mission modeling using a "digital twin" is applied. The basic principles and mathematical model of this method are introduced. A numerical simulation platform of this method was established based on the Monte Carlo code GEANT4. The model has established an environment for (a) simulating the transport of D-T fast neutrons and interactions with an object to induce emission, detection of characteristic gamma-rays, and (b) image reconstruction (3D) of the controlled objects.

The research was carried out with the financial support of grant No. 131/0161 of the National Research Foundation of Ukraine.

ENHANCING COLLECTION PERFORMANCE IN SOFTWARE THROUGH MEMORY SNAPSHOT ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELING

Mitikov N., mitikov.m22@fpm.dnu.edu.ua,

Guk N.A., huk_n@fpm.dnu.edu.ua,

Oles Honchar Dnipro National University

This study addresses the challenges of optimizing collection performance in software applications. We present methods based on data from industrial systems, focusing on hash collection implementations and their practical applications. A mathematical model is developed to evaluate the performance of existing and improved implementations.

Experimental results confirm the significant performance gains achieved through the proposed optimizations.

Base libraries are foundational to modern software development, providing essential tools for creating efficient solutions. However, strict requirements for interface immutability and consistent component behavior often hinder optimization opportunities, especially for usage patterns not initially prioritized

Optimizing base collections is critical given the importance of software efficiency in today's technological landscape. There is a need for new methodologies and mathematical models to assess and adapt base collections to evolving usage conditions, enhancing computational resource utilization and reducing infrastructure costs.

The objective of this work is to develop a methodology to assess the operational cost of using hash collections in software through memory snapshots, identifying excessive memory consumption and proposing optimizations.

The performance of hash collections in the .NET environment was analyzed, specifically focusing on *Hashtable* and *Dictionary<TKey, TValue>*.

The *Hashtable* class, predating generics, requires boxing operations for numerical keys, introducing performance overhead due to additional data copying and memory operations. The advent of generics enabled type-safe collections like *Dictionary<TKey, TValue>*, eliminating the need for boxing and improving performance.

Both collections use hash algorithms involving arrays and linked lists to manage data and resolve hash collisions. To minimize collisions, larger arrays than necessary are created, leading to increased memory usage and impacting system performance. Literature lacks studies evaluating storage costs within these implementations, indicating a need for further research.

A mathematical model was developed to represent a memory snapshot as a structured array of bytes, capturing information about objects, types, states, and interrelationships.

An analysis of industrial systems revealed that storing a single key-value pair has a storage efficiency of approximately 5%. This inefficiency is significant but may not be detected by standard monitoring systems since it does not constitute a traditional memory leak.

The proposed optimizations effectively reduced memory consumption by 13.67 GB (from 21.80 GB to 8.13 GB) for 99 million dictionary objects. Further optimization for read-only collections resulted in total memory savings of 18.84 GB, or 16% on average. This emphasizes the importance of optimizing base collections to improve software performance and resource efficiency.

STABILITY AND OPTIMALITY IN CONTROL PROBLEMS FOR SWEEPING PROCESSES

Mordukhovich B., *aa1086@wayne.edu*

Wayne State University (USA)

The talk presents new results for the class of optimal control problems governed by discontinuous constrained differential inclusions of the sweeping type involving the duration of the dynamic process into optimization. We develop a novel version of the method of discrete approximations of its own qualitative and numerical values with establishing its well-posedness and strong convergence to optimal solutions of the controlled sweeping process. Using advanced tools of first-order and second-order variational analysis and generalized differentiation allows us to derive new necessary conditions for optimal solutions of the discrete-time problems and then, by passing to the limit in the discretization procedure, for designated local minimizers in the original problem of sweeping optimal control. The obtained results are applied to practical models of robotics, traffic equilibria, unmanned surface vehicle, and nanoparticle modeling.

Based on joint work with Giovanni Colombo (University of Padova, Italy), Dao Nguyen (San Diego State University, USA) and Trang Nguyen (Wayne State University, USA).

THE INFLUENCE OF SOLAR RADIATION PRESSURE ON THE MOTION OF SATELLITES IN ALMOST CIRCULAR EARTH ORBITS

Pyrozhenko O.O., Maslova A.I., Pirozhenko A.V.

alex.pirozhenko@ukr.net

Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine

We consider the effect of the solar radiation pressure on the motion of a satellite in an almost circular low Earth orbit. The formulation of the problem is due to the need to determine the effect of solar radiation pressure forces on the motion of light commercial Earth remote sensing (ERS) satellites with large areas of their surfaces (solar batteries and antennas). The goal is to determine the main regularities of this effect, construct reasonably simple and accurate estimates of changes in orbital parameters for the orbits under consideration, and clarify the physics of changes in parameters. The novelty of this study also lies in the use of variables specially introduced to describe motion in almost circular orbits.

The studies are carried out under the assumption of constant solar radiation pressure forces throughout the entire orbit and are directly related to the dawn-dusk orbits, which are often used for ERS satellites with radar observation systems.

Simple analytical expressions were constructed that describe the main patterns of short-term (several days) changes in orbital parameters. The main effect of the solar radiation pressure is the excitation of forced oscillations of the orbital radius, whose amplitude linearly increases with time. The maximums of these oscillations (apogee) are at the point where the light pressure forces maximally slow down the motion of the satellite (directed oppositely to the velocity), and the minimums (perigee) are at the point of the maximum motion acceleration.

It is shown that the annual movement of the Sun can qualitatively change the picture of the evolution of orbital parameters. For sun-synchronous dawn-dusk orbits, compact analytical solutions for changes in orbital parameters are constructed, and it is shown that the annual movement of the Sun's declination reverses the direction of evolution of the orbital shape.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN SOLVING DIFFERENTIAL ALGEBRAIC EQUATIONS

Rutkas A.A., *andrew@rutrus.com*

Kharkiv National University of Radio Electronics

There is presented a multilayer perceptron neural network method for solving the initial value problem for the nonlinear differential algebraic equation (DAE)

$$L[x(t)] \doteq \frac{d}{dt}[Ax(t)] + Bx(t) - f(t, x(t)) = 0, \quad 0 \leq t \leq T, \quad x(0) = x_0. \quad (1)$$

For regular characteristic matrix pencil $\lambda A + B$, DAE (1) is decomposed into the following two equations:

$$L_j[x(t)] \doteq \frac{d}{dt}[Q_j Ax(t)] + Q_j Bx(t) - Q_j f(t, x(t)) = 0, \quad j = 1, 2, \quad (2)$$

where Q_1, Q_2 – the mutually complementary projectors which correspond to the direct sum $\mathbf{R}^n = AX_1 \dot{+} BX_2$, X_1 – the subspace of eigenvectors and adjoined vectors of the characteristic pencil at all finite points of the spectrum, X_2 – the subspace of eigenvectors and adjoined vectors of the pencil at the infinitely remote point $\lambda = \infty$. To obtain solutions to DAE (1) or (2) a discretization of the interval $[0, T]$ by a finite set of points t_k is considered. Then the problem is transformed into the following system of equations:

$$L_j[x(t_k)] = 0, \quad k = 1, \dots, m, \quad j = 1, 2.$$

Trial solutions $\hat{x}(t, \theta)$ with adjustable parameters θ (the vector θ corresponds to weights and biases) are constructed in a differentiable analytic form by using neural networks. Parameters θ are adjusted to minimize the error function

$$E(\theta) = \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^m \|L_j[\hat{x}(t_k, \theta)]\|^2.$$

The trial solution is of the form $\hat{x}(t, \theta) = x_0 + tN(t, \theta)$, where the vector $N(t, \theta)$ consists of single output feed forward neural networks with one input data t and parameters θ .

STOCHASTIC DIFFERENTIAL GAMES IN SOBOLEV RETARDED SYSTEMS

Rutkas A.G., *anatoly@rutrus.com*, **Vlasenko L.A.**, *lara@rutrus.com*

Kharkiv National University of Radio Electronics

We study a differential game of approach in a system, which is dynamically described by the Itô stochastic delay differential equation

$$d[Ay(t)] + By(t)dt = [Cy(t-r) + f(t) + K_1u(t) + K_2v(t)]dt + \Lambda dw(t). \quad (1)$$

With respect of this equation, we assume the following: the coefficients are closed linear operators on Hilbert spaces; the Wiener process $w(t)$ with values in a Hilbert space is consistent with a filtration and has a kernel symmetric positive covariance operator; the controls of the pursuer $u(t)$ and the evader $v(t)$ are random processes. The operator A is generally non-invertible and for this reason equation (1) is not solved for the stochastic differential of the unknown random process $y(t)$. The characteristic operator pencil $\lambda A + B : D \rightarrow H$ strongly affects the dynamics of the equation. The main assumption is a restriction imposed on the characteristic pencil on a ray of the real positive semi-axis. It follows the direct decomposition $H = \overline{AD} \dot{+} B(Ker A \cap D)$ with the mutually complementary projectors Q_1, Q_2 . The operator $W = -Q_1 B(A + Q_2 B)^{-1}$ is a generator of a strongly continuous subgroup $U(t)$ of bounded linear operators. Using the subgroup $U(t)$, solutions of equation (1) are represented by a stochastic variation of constants formula where the delay effect is taken into account by summing shift-type operators.

To obtain conditions under which the dynamic vector $Ay(t)$ of the system approaches a cylindrical terminal set, we use constraints on the support functionals of two sets defined by the behavior of pursuer and evader. We present an example of the differential game in a pseudoparabolic system described by a stochastic partial differential equation, in particular, a stochastic system of Navier-Stokes type is considered.

ASYMMETRICAL GENERALISATION OF CHEBYSHEV'S INEQUALITY

Schlesinger M.I. *schles@irtc.org.ua*

Vodolazskiy E.V. *waterlaz@gmail.com*

*International center for Information Technologies and Systems of the National
Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of
Ukraine*

Chebyshev's Inequality is one of the most used results in theoretical and applied statistics. This result is as follows.

I. Theorem 1. If $p: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ is the probability density function of a one-dimensional random variable with expectation $\mu = \int_{\mathbb{R}} x \cdot p(x) dx = 0$ and

variance $\sigma^2 = \int_{\mathbb{R}} x^2 \cdot p(x) dx = 1$, then $P[|x| \geq \theta] \leq \frac{1}{\theta^2}$ for any $\theta > 0$.

The inequality in Theorem 1 was derived by Chebyshev as an auxiliary fragment of the proof of the law of large numbers, and it was formulated with the level of generality necessary for this purpose. However, the life of this inequality has extended beyond its original scope. It is the wide demand that has led to the need for further research to answer questions such as how Chebyshev's inequality changes under certain relaxations, reinforcements, or other 'slight' changes to the conditions of Theorem 1. These questions inevitably arise in certain real-life situations, as the following example demonstrates.

Let the water level in a river be a random variable with expectation $\mu = 0$ and variance $\sigma^2 = 1$. The danger is a flood when the water level reaches or exceeds a threshold value $\theta > 0$, and the question arises about the maximum possible probability of such danger. The answer to this question cannot be straightforwardly derived as a consequence of Theorem 1 because not all levels of x are dangerous where $|x| \geq \theta$, but only those where $x \geq \theta$. The following

theorem, which is similar to Theorem 1 but differs from it, provides the answer to this question.

II. Theorem 2. If the expectation of a random variable is 0 and its

variance is 1, then $P[x \geq \theta] \leq \frac{1}{\theta^2 + 1}$ for any $\theta > 0$

and this bound is tight.

Let numbers $\theta_{\downarrow} < 0$, $\theta^{\uparrow} > 0$ be given, and in the considered example, alongside the danger of flooding when $x \geq \theta^{\uparrow}$, there is also the danger of the river drying up when $x \leq \theta_{\downarrow}$, and it is not necessarily true that $|\theta_{\downarrow}| = |\theta^{\uparrow}|$. The existence of both these factors determines the overall danger as the set $D = \{x | x \geq \theta^{\uparrow}\} \cup \{x | x \leq \theta_{\downarrow}\}$. The following theorem answers the question about the maximum possible probability of this danger.

III. Theorem 3. Let the expectation of a random variable be 0, its variance be 1 and let $\theta_{\downarrow} < 0$, $\theta^{\uparrow} > 0$ be two numbers. Then:

$$\begin{aligned} \text{if } \frac{-1}{\theta_{\downarrow}} < \frac{\theta^{\uparrow} + \theta_{\downarrow}}{2}, \text{ then } P[x \in D] &\leq \frac{1}{\theta_{\downarrow}^2 + 1}; \\ \text{if } \frac{-1}{\theta^{\uparrow}} > \frac{\theta^{\uparrow} + \theta_{\downarrow}}{2}, \text{ then } P[x \in D] &\leq \frac{1}{\theta^{\uparrow 2} + 1}; \\ \text{if } \frac{-1}{\theta^{\uparrow}} \leq \frac{\theta^{\uparrow} + \theta_{\downarrow}}{2} \leq \frac{-1}{\theta_{\downarrow}}, \text{ then } P[x \in D] &\leq \min \left\{ 1, \frac{(\theta^{\uparrow} + \theta_{\downarrow})^2 + 4}{(\theta^{\uparrow} + \theta_{\downarrow})^2} \right\}; \end{aligned}$$

and these bounds are tight.

Theorems 2 and 3 expand the scope of Chebyshev-like bounds.

DEVELOPMENT OF A MIXED REALITY FITNESS GAME INCORPORATING USAGE OF REAL OBJECTS

Sidorova M., Bondarenko B. *bogdan.bondarenko99@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

In recent years, the fitness industry has witnessed a significant transformation through the integration of virtual and augmented reality technologies. While Virtual Reality (VR) has dominated the gaming-fitness space, Mixed Reality (MR) has primarily been relegated to safety features, such as preventing users from colliding with walls or furniture. However, this limited application barely scratches the surface of MR's potential in fitness applications, particularly when it comes to incorporating real-world exercise equipment and conventional workout movements.

Traditional VR fitness applications, while engaging, often lack the tactile feedback and resistance that real exercise equipment provides. This gap presents an opportunity to develop innovative Mixed Reality solutions that combine the motivational aspects of gaming with the physical benefits of working out with actual weights and equipment. By tracking real objects like kettlebells and barbells in three-dimensional space, we can create an immersive experience that maintains the authentic feel of strength training while adding gamified elements.

The proof-of-concept application that is currently being developed demonstrates this potential by implementing hand-tracking technology and virtual interactive platforms as shown on Fig. 1. This system allows users to perform conventional exercises without the need for controllers, which often interfere with natural movement patterns, unlike hands [1]. For instance, when performing kettlebell exercises, the application provides real-time feedback and automatically counts repetitions. This technological integration enhances the workout experience without compromising the fundamental benefits of traditional strength training.

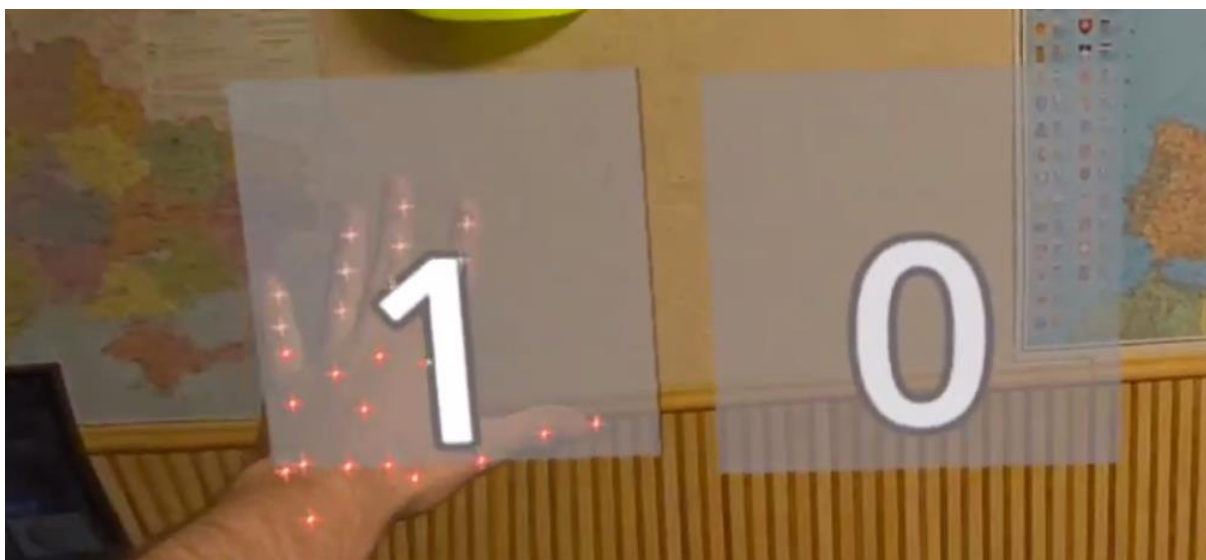


Fig. 1 – hand-tracking and interactable buttons in mixed reality

The advantages of this approach are obvious. First, it maintains the crucial aspect of progressive overload in strength training by allowing users to work with real weights rather than simulated resistance. Second, it provides immediate feedback on form and technique through motion tracking, potentially reducing the risk of injury. Third, it gamifies the workout experience while preserving the authenticity of physical exercise, creating a more engaging and sustainable fitness routine.

The integration of Mixed Reality with physical fitness equipment represents a significant step forward in the evolution of digital fitness solutions. Unlike purely virtual workouts, this approach doesn't seek to replace traditional exercise methods but rather to enhance them through technological augmentation. By maintaining the use of real exercise equipment while adding digital overlays and interactive elements, we create a hybrid solution that offers the best of both worlds: the tangible benefits of conventional strength training and the engaging, motivational aspects of gaming.

References

1. Giovanna Tornatore, Virtual Reality Rehabilitation using Hand Tracking. May 2024. DOI:10.21203/rs.3.rs-4360254/v1. P. 3.

THREE VARIANTS OF THE GENERALIZED ELLIPSOID METHOD

Stetsyuk P.I.¹, Fischer A.², Khomiak O.M.¹, *stetsyukp@gmail.com*

¹*V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine,*

²*Faculty of Mathematics, Technische Universität Dresden*

Consider the following problem. Given a mapping $g : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$, assume that there is a point $x^* \in \mathbb{R}^n$ such that $g(x)^\top (x - x^*) \geq 0$ for all $x \in \mathbb{R}^n$ and $g(x) \neq 0$ for all $x \neq x^*$. Without loss of generality, we assume that the point x^* is unique.

To find an approximation to a point x^* , you can use the generalized ellipsoid method (GEM) [1], which has the following form.

Algorithm of the GEM in B-form

Step 0. Select $\alpha > 1$ such that $\alpha + 1/\alpha < 2\sqrt[n]{\alpha}$. Choose $x_0 \in \mathbb{R}^n$, a non-singular

matrix $B_0 \in \mathbb{R}^{n \times n}$ and $r_0 > 0$ so that $\|B_0^{-1}(x_0 - x^*)\| \leq r_0$. Moreover, set $k := 0$.

Step 1. Set $g_k := g(x_k)$. If $g(x_k) = 0$, then set $k^* := k$, $x^* := x_k$, and STOP.

Step 2. Calculate

$$x_{k+1} := x_k - h_k B_k \xi_k, \quad \text{where} \quad \xi_k := \frac{B_k^\top g(x_k)}{\|B_k^\top g(x_k)\|}, \quad h_k := \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{\alpha^2} \right) r_k.$$

Step 3. Update $B_{k+1} := B_k + \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) (B_k \xi_k) \xi_k^\top$ and $r_{k+1} := \frac{1}{\alpha} \left(\alpha + \frac{1}{\alpha} \right) r_k$.

Step 4. Set $k := k + 1$ and go to Step 1.

Theorem. Let x_k and x_{k+1} be generated by the algorithm of the GEM. Then,

$$\|A_k(x_k - x^*)\| = \|B_k^{-1}(x_k - x^*)\| \leq r_k, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (1)$$

The ratio of the volume of ellipsoid $\mathcal{E}_{k+1} := \{x \mid \|B_{k+1}^{-1}(x_{k+1} - x)\| \leq r_{k+1}\}$ to the volume of ellipsoid $\mathcal{E}_k := \{x \mid \|B_k^{-1}(x_k - x)\| \leq r_k\}$ does not depend on k and is equal to

$$q_n(\alpha) := \frac{\text{vol}(\mathcal{E}_{k+1})}{\text{vol}(\mathcal{E}_k)} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{2} \left(\alpha + \frac{1}{\alpha} \right) \right)^n < 1. \quad (2)$$

Moreover, $x^* \in \mathcal{E}_k$ for all $k \in \mathbb{N}$.

The classical ellipsoid method [2] is a partial case of the GEM, which corresponds to $\alpha = \alpha^* = \sqrt{\frac{n+1}{n-1}}$. If $\alpha = \alpha^*$, then the minimum value of the coefficient $q_n(\alpha)$ is reached and $q_n(\alpha^*) \leq \exp\left(-\frac{1}{2n}\right)$. If $n=1$, then α^* is undefined, and the classical ellipsoid method is replaced by the dichotomy method, for which $q_1 = \frac{1}{2} = 0.5$.

If $n=1$, one can use the approximate ellipsoid method [3]. It is also a partial case of the GEM, which corresponds to $\alpha = \alpha^{**} = \sqrt{1 + \frac{1}{n^2}} + \frac{1}{n}$, and $q_n(\alpha^{**}) \leq \exp\left(-\frac{1}{2n} + \frac{1}{2n^2}\right)$. Here α^{**} is found from the condition of the minimum of $Q_n(\alpha) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(\frac{n}{2}\left(\alpha + \frac{1}{\alpha} - 2\right)\right) \geq q_n(\alpha)$. If $n=1$, then for the approximate ellipsoid method we have $q_1(\sqrt{2} + 1) = 2 - \sqrt{2} \approx 0.5858$.

The third variant of the GEM can be obtained by removing square root operation from α^{**} . This variant corresponds to $\alpha = \alpha^{***} = 1 + \frac{1}{n}$, for which $q_n(\alpha^{***}) = \frac{n}{n+1} \left(1 + \frac{1}{2n(n+1)}\right)^n \leq \exp\left(-\frac{1}{2(n+1)}\right)$. If $n=1$, then for the third variant of the GEM we get $q_1(2) = 5/8 = 0.625$.

The research is supported by the Volkswagen Foundation grant No. 97775.

References

1. Stetsyuk, P.I., Fischer, A., Khomyak, O. The generalized ellipsoid method and its implementation, In: Jácimović, M., Khachay, M., Malkova, V., Posypkin, M. (eds.) Optimization and Applications. OPTIMA 2019. Communications in Computer and Information Science, vol. 1145, pp. 355–370, Springer, Cham (2020)
2. Shor, N.Z. Cut-off method with space extension in convex programming problems. Cybernetics **13**, 94–96 (1977)
3. Stetsyuk, P.I. An approximate method of ellipsoids. Cybern. Syst. Anal. **39** (3), 435–439 (2003)

NONLINEAR MATHEMATICAL MODELS OF COMPLEXLY ORGANIZED NATURAL SYSTEMS

Trotsenko A.G., *trotsenko1998@gmail.com*

Kuzenkov O.O., *kuzenkov1986@gmail.com*

Oles Honchar Dnipro National University

The problem statement for the study of mathematical nonlinear models of complex natural systems is driven by the need for an adequate description of the dynamics of processes occurring within such systems. In the context of global changes, such as climate change, loss of biodiversity, and ecological disasters, it is crucial to have tools that enable the prediction of natural system behavior. Traditional linear models often prove insufficient for capturing the complex interactions inherent in ecological and biological systems. Nonlinear models can provide more accurate forecasts by accounting for the interrelations among components and the dynamics of their changes.

To emphasize the necessity of nonlinear models for describing complex natural systems, consider adding a nonlinear differential equation that illustrates the system's dynamics, for example:

$$\frac{dX}{dt} = aX - bX^2$$

where X is a variable representing the state of the system, and a and b are parameters governing the growth rate and saturation. This formula demonstrates how a simple nonlinearity can influence the system's behavior.

The research objectives to develop new nonlinear mathematical models that adequately describe the dynamics of complex natural systems, taking into account the interactions among their components; to deepen knowledge of the mechanisms governing these dynamics for more accurate predictions; and to apply findings in practical fields such as natural resource management and climate adaptation. This study will utilize analytical methods to establish theoretical foundations, numerical methods to simulate system dynamics under

various conditions, and comparative analysis to evaluate the effectiveness and accuracy of the developed models against existing approaches. This approach will help identify the strengths and limitations of different modeling methods.

Comparative analysis accuracy table:

<i>Scenario</i>	<i>Linear Model Accuracy</i>	<i>Nonlinear Model Accuracy</i>
<i>Without external disturbances</i>	85%	95%
<i>Parameter a variation</i>	70%	90%

In the initial stage of the research, I obtained preliminary results that confirm the viability of the developed nonlinear models for analyzing complex natural systems. The simulations conducted indicate that the new models can adequately reproduce the dynamics of changes in ecosystems and climate systems while accounting for interactions among their components. These early results suggest that the models have significant potential for accurate predictions, particularly under conditions of uncertainty. Additionally, I have started conducting a comparative analysis with existing approaches, which already shows that the developed models may outperform traditional methods in predictive accuracy.

References

1. Guckenheimer, J., & Holmes, P. (2000). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. 3rd ed. New York: Springer.
2. Strogatz, S. H. (2014). *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. Boulder, CO: Westview Press.
3. Murray, J. D. (2002). *Mathematical Biology I: An Introduction*. 3rd ed. New York, NY: Springer.

CONCEPTUAL BASES FOR MANAGING THE PROCESSING OF DISCRETE FLOWS IN A MULTICOMMODITY HIERARCHICAL NETWORK

Vasyanin V., Trofymchuk O., *archukr@meta.ua, itgis@nas.gov.ua*

*Institute of Telecommunications and Global Information Space
of the NAS of Ukraine*

The report discusses methodological approaches [1-3] to the construction of multicommodity hierarchical communication networks and identifies the main tasks of processing and distributing discrete correspondence flows, which allow creating favorable conditions for reducing material, financial and labor costs in transport systems with further mechanization and automation of production. Multicommodity communication networks are characterized by the presence of a multitude of sources and drains of correspondence flows (products or requirements). Correspondence is understood as a pair of different network nodes, between which there is a directed (addressed) discrete flow of elements (for example, indivisible loads of uniform size, bits or symbols) of a given size. In the backbone network, all correspondence is transmitted via communication channels or transported in vehicles in transport blocks of a given size (capacity, volume). The size of the transport unit is measured by the number of units of correspondence that fit into it (for example, 64 KB, 40 packaged cargos). In a multicommodity network, all correspondence flows are subject to a one-time transfer from sources to drains. In general, a certain set of types (categories) of correspondence can be defined on the network, differing in weight, dimensions and other characteristics, but having common sources and drains. Some aspects of the creation and implementation of spatial data infrastructure (SDI), geographic information system (GIS) and special mathematical support for transport networks and data transmission networks are presented. A conceptual approach to the construction of an information-analytical decision support system (IA DSS) for managing the processes of processing and distribution of

discrete flows in hierarchical communication networks using SDI and GIS technologies is considered. The issues of creating a toolkit and information platform (portal) for automating decision-making processes in the tasks of operational management, current planning and long-term development for trunk transport networks and data transmission backbone networks are discussed. The purpose of creating IA DSS is to increase the efficiency of communication networks by reducing scarce material, raw materials, energy, financial and labor resources on the basis of the proposed methodology for mathematical modeling of processes of processing and distribution of discrete flows and a set of measures for information and analytical support and automation of decision-making procedures in flow management. It is assumed that the IA DSS will operate in real time and allow to effectively managing nonlinear and non-stationary processes of processing and distribution of flows at all levels of the network.

References

1. Trofymchuk, O.M. & Vasyanin, V.A. (2015). Simulation of Packing, Distribution and Routing of Small-Size Discrete Flows in a Multicommodity Network. *Journal of Automation and Information Sciences*. 47(7). 15-30.
<https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v47.i7.30>.
2. Trofimchuk, A.N., Vasyanin, V.A. & Ushakova, L.P. Study of the problem of optimizing the hierarchical structure of a sparse and dense communication network. *Problems of management and informatics*, 1, 5-21 (2021). (in Russian). <https://doi.org/10.34229/0572-2691-2021-1-1>. http://nbuv.gov.ua/UJRN/PUI_2021_1_3.
3. Vasyanin, V.A., Trofymchuk, O.M. & Ushakova, L.P. A Methodology of the Mathematical Modeling for Perspective Development of Nodes and Transport Routes in the Multicommodity Hierarchical Network. I. Optimization Problems. *Cybern Syst Anal*, 60, 72–83 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10559-024-00648-9>.

THE PROBLEM OF GLOBAL EVASION FOR NONLINEAR CONFLICT-CONTROLLED PROCESSES

Yugay L.P.

Uzbek State University of Physical Education and Sport, yugailp@mail.ru

1. The global problem of evasion. A conflict-controlled process is considered, governed by a system of nonlinear differential equations:

$$\dot{z} = f(z, u, v), \quad (1)$$

where $z \in R^n$, $u \in P \subset R^p$, $v \in Q \subset R^q$, P and Q – are non-empty compact sets. The function $f(z, u, v)$ satisfies the standard conditions for the existence, uniqueness, and continuability of solutions for all time $t \geq 0$, and is sufficiently continuously differentiable with respect to all its arguments. A terminal set $M \subset R^n$ is given, which is a subspace.

For the process (1) with a given terminal set, the following **global evasion problem** is considered [1, 2]: For any initial position $z_0 \in R^n \setminus M$ it is required that, for each $t \geq 0$ a control $v = v(t) \in Q$ is constructed based on the available admissible information such that, for any measurable control $u = u(t) \in P$, the trajectory $z(t)(z(0) = z_0)$ of system (1) corresponding to the selected controls does not enter the terminal set at any $t \geq 0$.

The side choosing the parameter $v = v(t) \in Q$, is traditionally called the evading player, while the side choosing $u(t) \in P$, is referred to as the pursuing player, who generally opposes the player choosing $v = v(t) \in Q$. Each player selects controls, generally, from classes of measurable functions. The evading player, at each current moment, is informed of the initial game parameters and the control value at the same moment.

2. Main result

Let W_1 and W_2 be one-dimensional mutually orthogonal subspaces of the orthogonal complement L to M in R^n , and let $W_0 = W_1 + W_2$. Denote by π_i the orthogonal projectors from R^n on to W_i , and by $B_i(z)$ the closed ball

in W_i centered at the origin with radius $d_i(z) = \max_{u \in P, v \in Q} \varphi_i(z, u, v)$. Let S_i -be the unit sphere centered at the origin in W_i , for $i = 0, 1, 2$, and let $N = \{1, 2, 3 \dots\}$.

Further, let $i = 1, 2; j \in N$ $\varphi_i(z, 0, u, v) = \pi_i z$,

$$\varphi_i(z, j, u, v) = \left[\frac{\partial}{\partial z} \varphi_i(z, j-1, u, v) \right] f(z, u, v), T^i(z, j) = \varphi_i(z, j, P, Q),$$

$k_i(z)$ where is the smallest natural number such that the set $T^i(z, j)$ contains more than one point; other wise, $k_i(z) = 0$. Define

$$\varphi_i(z, u, v) = \varphi_i(z, k_i(z), u, v),$$

$$\varphi_0(z, u, v) = \text{col}(\varphi_1(z, u, v), \varphi_2(z, u, v)).$$

We will define also the advantage functions (for $i = 0, 1, 2$) as follows:

$$\lambda_i(z, l_i) = \min_{\psi \in S_i} \min_{u \in P} \max_{v \in Q} \langle \psi, \varphi_i(z, u, v) - l_i \rangle, l_i \in B_i(z).$$

Assumption 1. In L there exist one-dimensional mutually orthogonal subspaces W_1 and W_2 ($W_1 + W_2 = W_0$) and a region Ω such that $M \subset \Omega \subset R^n$ with a smooth boundary, and for which the following conditions hold:

a) $k_i(z) = k_i = \text{const}, i = 1, 2; z \in \Omega_0 = \Omega \setminus M$.

b) for all $i = 1, 2; j = 0, 1, 2, \dots, k_i - 1$, the functions $\varphi_i(z, j, u, v)$ and $\max_{l_0 \in B_0(z)} \lambda_0(z, l_0)$ are continuous in $(z, u, v) \in \Omega_0 \times P \times Q$ and continuously differentiable with respect to $z \in \Omega_0$, and it is assumed that the functions $\varphi_i(z, u, v) = \varphi_i(z, k_i, u, v)$ depend at least on $v \in Q$.

Assumption 2. $k_1 \geq k_2, N_0(z) = \max_{l_0 \in B_0(z)} \lambda_0(z, l_0) > 0$, and there exists a continuous function

$$l_0(z) \in \text{Arg} \max_{l_0 \in B_0(z)} \lambda_0(z, l_0), z \in \Omega_0.$$

Assumption 3. For all $z \in \Omega_0$, and $i = 1, 2$ the following hold:

$k_1 > k_2, N_i(z) = \max_{l_i \in B_i(z)} \lambda_i(z, l_i) > 0$ and there exist continuous functions $l_i(z) \in \text{Arg} \max_{l_i \in B_i(z)} \lambda_i(z, l_i)$.

Theorem 1 (Main Result). If the conflict-controlled process (1) satisfies Assumptions 1 and 2, or Assumptions 1 and 3, then the global evasion problem is solvable.

The proof of the theorem is based on a modification of the method developed by B.N. Pshenichny and V.V. Ostapenko for solving the evasion problem [2].

The advantages of the sufficient conditions for evasion obtained in Theorem 1 are illustrated using nonlinear Pontryagin's Control Example with "forcing"[3].

References

1. Chikrii A.A. Conflict controlled processes//Kiiv: Nauk. Dumka. 1992.-384 p.
2. Pshenichnyi B.N. & Ostapenko, V.V. Differential games// Kiiv: Nauk.Dumka, -1992, - 261p.
3. Yugay L.P. On nonlinear minmax conflict controlled processes of evasion. Trans. of the V-th Int. Conf. "Al-Khorezmiy 2016". Bukhara. Uzbekistan. November 9-10.2016. - P. 410-414.

AN EXTENSION OF IDENTIFICATION-BASED APPROACH TO ADAPTIVE CONTROL UNDER NONSTOCHASTIC UNCERTAINTIES

Zhiteckii L.S., *leonid_zhiteckii@i.ua*

Solovchuk K.Yu., *solovchuk.ok@gmail.com*

*Institute for Information Technologies and Systems
of NAS of Ukraine*

This paper extends the idea advanced in [1] to deal with the adaptive suboptimal and stabilization controls of linear, discrete-time, time-invariant, minimum phase plants in the presence of the so-called simple and transformed nonstochastic unmeasurable disturbances whose upper and lower bounds are assumed to be unknown a priori. Additional assumption is that any unmodelled uncertainty are absent. The distinguishing feature of the problem stated in this paper is that there is no information concerning a priori knowledge of an available bounded region to which the unknown plant parameters belong. To solve this problem, identification-based adaptation procedures for the point and membership set estimation are employed. Novelty of our approach is that, instead of unknown a priori membership set of these parameters, their peculiar hypothetical a posteriori membership sets are designed via the use of the measured system's signals. Different adaptive control algorithms utilizing this approach are proposed. The asymptotic properties of the adaptive controllers including the finite convergence of the adaptation procedure and also the ultimate boundedness of system's signals are established. To demonstrate an efficiency of these controllers and support the theoretical study, simulation results are given.

References

1. Azarskov V.N., Solovchuk K.Yu., Volkov O.Ye., Zhiteckii L.S. A new adaptive suboptimal controller for a class of linear discrete-time systems with unknown bounded disturbances. *Proc. 22nd IFAC World Congress*, Yokohama, Japan. 2023. P. 9924–9929.

ЗАПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СУЧАСНІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ

Андрєєв Д.А., *denisandreev1611@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасному бізнес-середовищі, ефективні методи аналізу даних є ключовим фактором для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень. В цьому контексті, впровадження штучного інтелекту (ШІ) у процеси аналізу даних набуває особливого значення. Однією з найбільш актуальних проблем сучасних проєктів є потреба в обробці та аналізі великих обсягів даних, що надходять з різних джерел. Традиційні методи аналізу даних часто не можуть забезпечити потрібної швидкості та точності у обробці інформації, що ускладнює оперативне прийняття рішень та знижує конкурентоспроможність компаній на ринку. Впровадження штучного інтелекту дозволяє автоматизувати та оптимізувати процеси обробки даних, що призводить до скорочення часу виконання завдань та підвищення оперативності прийняття рішень. Використання методів машинного навчання, таких як нейронні мережі та алгоритми глибокого навчання, сприяє виявленню прихованих закономірностей у даних, що покращує якість аналітичних висновків та підвищує достовірність інформації. Автоматизація рутинних завдань, прогнозування та аналітика, персоналізація послуг та оптимізація маркетингу та реклами — це лише деякі з методів, які можна успішно застосовувати з використанням ШІ у бізнесі. Наприклад, у фінансовій сфері алгоритми машинного навчання можуть бути використані для автоматизації процесів аналізу ринку, а системи прогнозування попиту для продуктових компаній можуть допомогти оптимізувати запаси товарів та управляти виробництвом. Тому саме застосування алгоритмів кластеризації та класифікації в ШІ також сприяє підвищенню безпеки даних, і тим самим запобігаючи можливим загрозам та порушенням безпеки, що є важливим аспектом для сучасних компаній. Наприклад, банки використовують алгоритми машинного навчання для аналізу кредитного ризику, що допомагає їм приймати більш обґрунтовані рішення.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ НЕСКІНЧЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ГРИ STELLARUSH З ВИКОРИСТАННЯМ ДВИГУНА UNITY

Антоненко С.В., *svitlanav.antonenko@gmail.com*, **Руденко І.О.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Алгоритм нескінченної генерації в іграх створює динамічний ігровий простір, який безперервно оновлюється по мірі руху гравця. Основна ідея полягає у процедурному формуванні нових елементів рівня на основі випадкових або запрограмованих шаблонів. Це забезпечує різноманітність ігрового світу і дає відчуття його нескінченності. У таких алгоритмах часто використовуються методи контролю за положенням гравця, що дозволяє додавати нові елементи тільки при досягненні певної точки, оптимізуючи ресурси.

StellaRush – захопливий платформер у космічному стилі, що розгортається на Місяці. Гравець керує персонажем, долаючи перешкоди, збираючи бонуси і намагаючись досягти фінальної точки рівня. Гра орієнтована на підлітків і молодь, які захоплюються аркадами і комп'ютерними іграми. У цій роботі розглянемо реалізацію функції нескінченної генерації ігрового рівня.

Для створення нескінченної генерації додано нову змінну `chunkAmount` та встановлено їй значення – 5. Ця змінна відповідає за кількість згенерованих частин на старті рівня. Далі створено цикл, який генерує випадкові частини шляху, щоб рівень гри кожен раз відрізнявся від попереднього і був різноманітним.

Першою потрібно генерувати ту частину шляху, яка підходить для старту рівня. Такою частиною є частина під індексом нуль. Отже, у цикл додано перевірку, яка виконується якщо генерується перша частина шляху на рівні і у разі чого генерує частину під індексом нуль.

На рисунку 1 можна побачити цикл генерації випадкових частин шляху з перевіркою (рис. 1).

```
void Start()
{
    for(int i = 0; i < chunkAmount; i++)
    {
        if (i == 0)
            GenerateChunk(0);
        else
            GenerateChunk(Random.Range(0, chunkPrefabs.Length));
    }
}
```

Рис. 1 – Цикл генерації з перевіркою

Для того, щоб наступні частини шляху генерувалися нескінченно доки гра не завершиться створено нову змінну Transform та названо її player. Ця змінна потрібна для отримання поточної позиції моделі гравця. У інспекторі ігрового об'єкту PathGenerator додано ігровий об'єкт гравця до строки зі змінною Player для того щоб їх з'єднати і отримувати поточне положення моделі гравця.

Далі у void Update() створено перевірку на проходження моделлю гравця достатньої кількості шляху, щоб згенерувати нову частину. Перевірка порівнює поточну позицію гравця за віссю z з довжиною усіх згенерованих частин шляху існуючих на поточний момент часу. У разі виконання перевірки генерується нова частина шляху, яка за допомогою методу Random випадково обирається з п'яти заздалегідь сформованих частин шляху та додається методом GenerateChunk після останньої сформованої частини шляху.

На рисунку 2 представлено код перевірки поточної позиції моделі гравця та додавання нової частини шляху (рис. 2).

```
void Update()
{
    if(player.position.z > zGeneration - (chunkAmount * chunkLength))
    {
        GenerateChunk(Random.Range(0, chunkPrefabs.Length));
    }
}
```

Рис. 2 – Перевірка позиції та додавання шляху

Таким чином, для гри було створено функцію нескінченної генерації, яка зробить усі майбутні ігрові рівні різноманітними та цікавими.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ ЖІНОК-ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Аралова Н.І.¹, *aralova@ukr.net*, Шахліна Л.Я.-Г.²

¹*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України,*

²*Національний університет фізичного виховання та спорту України*

Наразі в лавах Збройних Сил України перебуває значна кількість жінок - військовослужбовців, частина з яких виконує бойові задачі безпосередньо в районі проведення бойових дій. Також зазначимо що на сьогодні в українській армії не діють ніякі обмеження щодо призначення та проходження жінками-військовослужбовцями служби на всіх посадах (в тому числі бойових) за всіма групами військово-облікових спеціальностей. У Доповіді НАТО щодо інтеграції жінок у наземні бойові підрозділи наголошується на врахуванні особливостей підготовки жінок до виконання бойових задач з метою зменшення травматизму. В Медичній Доктрині НАТО підкреслюється необхідність застосування науково обґрунтованих методик для професійної підготовки військовослужбовців. В [1] міститься огляд ряду публікацій пов'язаних із спробами оптимізувати тренувальний процес військовослужбовців, щоб відповідати унікальним вимогам професійної військової діяльності так як В успішному виконанні військово-професійних завдань неабияку роль відіграє м'язова підготовленість військовослужбовців. Наразі є потреба в оптимізації цієї підготовки. Зазвичай силову витривалість можна ефективно покращити, поєднуючи силові, аеробні та спеціальні тренування з вантажем. Тому актуальною є задача об'єктивного контролю процесу підготовки. Ряд джерел наголошує на зв'язку травматизму військовослужбовців в умовах професійної діяльності з аеробною продуктивністю. Тому видається доцільним для оптимізації процесу підготовки застосувати інтелектуальну систему, що включає комплекс математичних моделей, які

характеризують основні функціональні системи організму: дихання і кровообігу, теплообміну та імунного відклику [1,2]. В стислому вигляді її можна подати наступним чином:

$$\frac{dp_i O_2}{d\tau} = \varphi(p_i O_2, p_i CO_2, \eta_i, \dot{V}, Q, Q_{t_i}, G_{t_i} O_2, q_{t_i} O_2), \quad (1)$$

$$\frac{dp_i CO_2}{d\tau} = \psi(p_i O_2, p_i CO_2, \eta_i, \dot{V}, Q, Q_{t_i}, G_{t_i} CO_2, q_{t_i} CO_2), \quad (2)$$

$$\frac{dT_i(\tau)}{d\tau} = \phi(T, T_{t_i}, Q, Q_{t_i}, v_{t_i}, \mu_{t_i}, c_{t_i}, \gamma_{t_i}, V_{t_i}, G_{t_i}, D_{t_i}), \quad (3)$$

$$\frac{dL(t)}{dt} = q(c, V, F, m), \quad (4)$$

де функції φ , ψ , ϕ , q детально описані в [1,2]; $\dot{V}$ - вентиляція, η - ступінь насичення гемоглобіну киснем, Q - об'ємна швидкість системного і Q_{t_i} - локальних кровообігів, $q_{t_i} O_2$ - швидкість споживання кисню i -им тканинним резервуаром, $q_{t_i} CO_2$ - швидкість виділення вуглекислого газу в i -ому тканинному резервуарі.

Запропонований інтелектуальний комплекс апробований на ряді задач медицини праці та спорту, в тому числі і жіночого, і при відповідній модифікації може бути застосований для оптимізації процесу підготовки жінок-військослужбовців для здійснення професійної військової діяльності.

Бібліографічні посилання

1. Aralova N., Aralova A., Mashkina. I.V., Radziejowski P., Radziejowska M., Vyshensky V.I. Web application for studying oxygen regimes of the body. *Cyb. and comp. eng.* 2024. № 3 (217). P. 54-66. (у друці).
2. Aralova N. I. Mathematical models of functional respiratory system for solving the applied problems in occupational medicine and sports. *Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co, KG.* 2019, 368 p. (In Russian). ISBN 978-613-4-97998-6
3. Shakhlina L.J.G. Medizinisch-biologische 'Grundlagendes sportlichen Trainings von Frauen. Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Bonn: 2010. 322 p.

УСЕРЕДНЕННЯ В ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ІГРАХ ПЕРЕСЛІДУВАННЯ З БАГАТОЧАСТОТНИМИ ЗБУРЕННЯМИ

Бардан А.О., *bardan.andrii@chnu.edu.ua*

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Теорія диференціальних ігор, започаткована Р. Айзексом [1] у ХХ столітті, є одним із важливих напрямків прикладної математики, зокрема в дослідженнях керування процесами в умовах конфлікту. Значний внесок у розвиток цієї теорії зробили українські вчені, серед яких Б.М. Пшеничний та А.О. Чикрій. Метод розв'язуючих функцій, запропонований А.О. Чикрієм [2], виявився ефективним методом дослідження різних типів ігрових задач, як стаціонарних, так і нестаціонарних, які описуються звичайними і диференціально-функціональними та стохастичними рівняннями.

Нехай процес переслідування задано рівнянням

$$\dot{z} = Az + \varphi(u, v), \quad (1)$$

де $z = \text{col}(x, y)$ – фазовий вектор, який складається з геометричних координат, швидкостей і прискорень переслідувача x та втікача y , $x \in R^{n_1} \in D_1$, $y \in R^{n_2} \in D_2$, $A = (A_1, A_2)$ – блочна матриця порядку $n = n_1 + n_2$, $\varphi(u, v) = \text{col}(\varphi_1(u), \varphi_2(v))$ – блок керування. Розглянемо задачу (1) у випадку, коли на рух переслідувача і втікача накладені зовнішні малі багаточастотні збурення. Тоді система рівнянь (1) набуває вигляду

$$\frac{dz}{dt} = A(t, a, \psi)z + \varphi(u, v) + \varepsilon Z(\tau, a, \psi), \quad (2)$$

$$\frac{da}{d\tau} = X(\tau, a, \psi), \quad (3)$$

$$\frac{d\psi}{d\tau} = \frac{\omega(\tau)}{\varepsilon} + Y(\tau, a, \psi), \quad (4)$$

де $a \in D$ – вектор амплітудних змінних, D – обмежена область в R^k , вектор фазових змінних $\psi \in R^m$, $m \geq 1$, $\tau = \varepsilon t$ – повільний час, ε – малий параметр, $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0]$, вектор-функції X, Y, Z – 2π -періодичні за компонентами вектора ψ .

Розглянемо випадок, коли матриця A залежить від часу t та від вектора амплітудних змінних a . тоді рівняння (2) матиме вигляд

$$\frac{dz}{dt} = A(t, a)z + \varphi(u, v) + \varepsilon Z(\tau, a, \psi). \quad (5)$$

Відповідно усереднене за швидкими змінними рівняння набуває вигляду

$$\frac{d\bar{z}}{dt} = A(t, \bar{a})\bar{z} + \varphi(u, v) + \varepsilon Z_0(\tau, \bar{a}). \quad (6)$$

де $Z_0(\tau, \bar{a})$ – усереднена за швидкими змінними на кубі періодів вектор-функція $Z(\tau, a, \psi)$.

Для оцінки відхилення розв’язків цих систем рівнянь (5) і (6) застосовано одержану в [3] оцінку

$$\|a(\tau, \varepsilon) - \bar{a}(\tau, \varepsilon)\| + \|\psi(\tau, \varepsilon) - \bar{\psi}(\tau, \varepsilon)\| \leq c_1 \varepsilon^{\frac{1}{p}},$$

де $p \geq m$, а вектор-функції X, Y і ω – достатньо гладкі за всіма змінними і виконується спеціальна умова на векторі частот.

Теорема. Нехай: вектор-функції X, Y, Z і ω достатньо гладкі за всіма змінними в області визначення; визначник Вронського $W(\tau)$ за системою функцій $\{\omega_1, \dots, \omega_m\}$ відмінний від нуля для $\tau \in [0, L]$; функція φ – неперервна за сукупністю змінних на компактi $U \times V$; матрична функція $A(t, a)$ неперервна для $(t, a) \in [0, L] \times D$ і $\|A(t, a)\| \leq M(t)$, $M(t) \in C[0, L]$ і $M(t) \geq 0$.

Тоді можна вказати таке $\varepsilon^* \in (0, \varepsilon_0]$ і незалежну від ε сталу $c_2 > 0$, що для кожного $\varepsilon \in (0, \varepsilon^*]$ існує єдиний розв’язок системи (5) із початковими умовами $z(0, \varepsilon) = \bar{z}(0, \varepsilon)$ і виконується оцінка

$$\|z(t, \varepsilon) - \bar{z}(t, \varepsilon)\| \leq c_2 \varepsilon^{\frac{1}{m}},$$

для $(t, \varepsilon) \in [0, L] \times (0, \varepsilon^*]$.

Одержаний результат продемонстровано на прикладі «Простий рух зі збуреннями».

Бібліографічні посилання

1. Isaacs R. Differential Games: A Mathematical Theory With Applications to Warfare, Control and Optimization. Dover Publications, 1999. 416 p.
2. Chikrii A. O. Conflict-controlled processes. Boston: Springer Science and Business Media, 2013. 424 p.
3. Самойленко А. М., Петришин Р. І. Математичні аспекти теорії нелінійних коливань. Київ: Наукова думка, 2004. 474 с.

УСЕРЕДНЕННЯ В СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗАНИХ ОСЦИЛЯТОРІВ ІЗ ІЄРАРХІЄЮ ЧАСТОТ І ЛІНІЙНО ПЕРЕТВОРЕНИМИ АРГУМЕНТАМИ

Бігун Я.Й., *y.bihun@chnu.edu.ua*, Дробот А.В., *drobot.andrii@chnu.edu.ua*

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

У класичних працях із дослідження багаточастотних систем диференціальних рівнянь швидкості амплітудних і фазових змінних характеризуються одним малим параметром $\varepsilon > 0$ в одаковій степені [1]. У даній доповіді розглядається система зв'язаних осциляторів із лінійно перетвореними аргументами вигляду

$$\frac{d^2 x_v}{dt^2} + \omega_v(\tau) x_v = e^{\kappa_v + 1} f_v(\tau_v, x_v, \frac{dx_v}{dt}), \quad (1)$$

де $t \in [0, \infty]$, $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0]$, $0 \leq \kappa_1 \leq \dots \leq \kappa_n$, $x := (x_1, \dots, x_n) \in D$, $D - \mathbb{R}^n$; $\Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$, $0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_p \leq 1$, $x_{\lambda_v}(t) = x(\lambda_v t)$, $\tau = \varepsilon t$, $\tau_v = \varepsilon^{\nu} t$.

Багаточастотні системи із різною швидкістю вектора амплітудних і фазових змінних розглядались у статті [2]. Системи із лінійно перетвореними аргументами досліджувалися у працях [2, 3] та ін.

Заміною Кирилова-Боголюбова

$$x_v = a_v \cos \varphi_v, \quad \frac{dx_v}{dt} = -a_v \omega_v \sin \varphi_v$$

система рівнянь (1) зводиться до системи з амплітудними a_v і фазовими φ_v змінними вигляду

$$\frac{da_v}{d\tau_v} = X_v(\tau_v, a_\Lambda, \varphi_\Lambda), \quad \frac{d\varphi_v}{d\tau_v} = \frac{\omega_v(\tau)}{\varepsilon^{\kappa_v}} + Y_v(\tau_v, a_\Lambda, \varphi_\Lambda), \quad = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Усереднивши праві частини системи рівнянь (2) за змінними φ_{λ_v} на кубі періодів, згідно з формулою

$$F_0(\tau, a_\Lambda) = \frac{1}{(2\pi)^{mq}} \int_0^{2\pi} F(\tau, a_\Lambda, \varphi_\Lambda) d\varphi_\Lambda,$$

одержимо значно простішу систему рівнянь

$$\frac{d\bar{a}_v}{d\tau_v} = X_{v,0}(\tau, \bar{a}_\Lambda), \quad (3)$$

$$\frac{d\bar{\varphi}_v}{d\tau_v} = \frac{\omega_v(\tau)}{\varepsilon^{\kappa_v}} + Y_{v,0}(\tau, \bar{a}_\Lambda), v = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Припустимо, що праві частини системи (1) достатньо гладкі функції за всіма змінними, існує єдиний розв'язок $\bar{a}(\tau; \bar{y})$ усередненої системи (2) із початковою умовою $\bar{a}(0; \bar{y}) = \bar{y}$, який лежить в області D разом із деяким околom, коли $0 \leq \tau \leq L\varepsilon^{1-\kappa_n}$ і $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0$. Також, побудований за системою функцій $\{\omega_{\lambda_1}(\tau), \dots, \omega_{\lambda_p}(\tau)\}$ визначник Вронського $W(\tau) \neq 0$ для $\tau \in [0, \infty)$.

Тоді для кожного $\varepsilon \in (0, \varepsilon^*]$, $\varepsilon^* \leq \varepsilon_0$, існує єдиний розв'язок системи рівнянь (2) на $[0, L\varepsilon^{-\kappa_n}]$ і для компонент розв'язків систем виконуються оцінки

$$|a_v(s; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon) - \bar{a}_v(s, \bar{y})| + |\varphi_v(s; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon) - \bar{\varphi}_v(s; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon)| \leq c_v \varepsilon^{\alpha_v},$$

де $\alpha_v = \kappa_v/qm$, $s \in [0, L\varepsilon^{1-\kappa_v}]$. $\varphi_v(s; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon) = \bar{\psi}$, $c_v > 0$ і не залежать від ε .

Бібліографічні посилання

1. Самойленко А.М., Петришин Р.І. Математичні аспекти теорії нелінійних коливань. Київ: Наукова думка, 2004. 474с.
2. Yaroslav Bihun, Ihor Skutar A veragingin multifrequency systems with multi-point conditionsand a delay. Actaet Coomentationes. Exactand Natural Sciences, 2023, Nr. 2(16). P. 13–24.
3. Yaroslav Bihun, Roman Petryshyn, Ihor Skutar. A veragingin a generalized multifrequency system with a delay. Analytical and Approximate Methods for Complex Dynamical Systems. Springer Link, 2025. Pp. 264-276.

ПРО ОДНУ ЗАДАЧУ ПОШУКУ ЛОКАЛЬНО-ДОПУСТИМИХ РОЗВ'ЯЗКІВ НА ПЕРЕСТАНОВКАХ

Білецький В.І., *bilvassa @ukr.net*

В роботі описується метод розв'язування задачі умовної оптимізації лінійної функції на множині перестановок, суть якого полягає в пошуку перестановок, на яких лінійна функція приймає значення із заданого інтервалу.

Задача. Задана лінійна функція $f(x) = pX$, де p – довільна перестановка із множини перестановок P чисел $(c_1, c_2, \dots, c_n)$, $X = (1, 2, \dots, n)$. Необхідно на множині перестановок P знайти такі перестановки p , на яких лінійна функція $f(x) = pX$ приймає значення, що задовольняють умові $|pX - A| \leq \Delta$, де A – задана величина між мінімальним і максимальним значеннями функції $f(x)$, Δ – допустиме відхилення від значення A .

Відомо, що максимальне значення функція $f(x) = pX$ приймає на перестановці $p_1 = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, у якій c_i , $1 \leq i \leq n$ розташовані в порядку зростання, а мінімальне – для перестановки, в якій c_i розташовані по спаданню.

Суть методу полягає в цілеспрямованій побудові перестановок і їх оцінки, не обчислюючи безпосередньо значення функції. Оцінка перестановок відбувається за певними правилами і складається з двох частин. Перша частина стосується зменшення значення функції за рахунок транспозиції чисел із останніх трьох в перші $n - 3$ позиції, а друга частина – з оцінки за певними правилами отриманої перестановки для останніх трьох чисел.

В роботі наводиться приклад розв'язання задачі пошуку допустимих розв'язків для $n = 6$.

ПРОЄКТУВАННЯ PYTHON-БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

Божко В.О., *vladbozhko003@gmail.com*,

Мацуга О.М., *olga.matsuga@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кластеризація є однією з ключових задач машинного навчання без вчителя, яка дозволяє групувати об'єкти на основі їхньої подібності. Проте її результати базуються на автоматичному групуванні без попередніх знань про класи об'єктів, через що виникає потреба у точній оцінці якості такого групування.

На сьогодні існує багато індексів для оцінки якості кластеризації, які реалізовані, зокрема, у бібліотеці NbClust [1] для мови R, що включає 30 таких індексів. У Python, однак, існує обмежений набір цих індексів, що ускладнює комплексне оцінювання результатів кластеризації. В той же час Python, завдяки своїй простоті, доступності та великій кількості спеціалізованих бібліотек, стала однією з найбільш популярних мов програмування для розв'язання задач машинного навчання, зокрема кластеризації даних.

Ця робота має на меті розроблення Python-бібліотеки, що стане альтернативою NbClust і надасть користувачам зручний інструмент для всебічної оцінки якості кластеризації на основі кількісних індексів.

У процесі проєктування нової бібліотеки було виокремлено дві частини проєкту:

1. Фронтенд, який відповідає за інформативне представлення результатів, зручність користування та інтеграцію з іншими бібліотеками. Для розроблення фронтенду обрано мову Python.

2. Бекенд, який відповідає за швидкісне проведення обчислень. Для його реалізації обрано мову Rust.

Для поєднання фронтенду та бекенду обрано бібліотеку PyO3, яка забезпечує можливість конвертації типів даних з Python у типи Rust.

Функціонування бібліотеки відбувається наступним чином: фронтенд приймає від користувача вхідні дані та параметри обчислень, передає їх на бекенд, де виконуються потрібні обчислення, отримані результати повертаються до фронтенду, який подає їх у зручному для користувача форматі – у вигляді таблиць або графіків.

Архітектуру бібліотеки спроектовано гнучкою: кожен індекс представлено у вигляді окремого класу, що дозволить в майбутньому легко розширювати бібліотеку та використовувати платформи такі як OpenCL і CUDA. Для обчислень обрано математичну бібліотеку ndarray, яка є альтернативою Python-бібліотеці numpy. Спираючись на результати тестів [2], можна сказати, що швидкість обчислень ndarray перевершує таку у numpy та R. Тому можна очікувати, що швидкість обчислень в бібліотеці не буде поступатися оригінальній бібліотеці NbClust.

Було розпочато реалізацію проєкту і успішно імплементовано 15 індексів: Calinski and Harabasz, C index, Gamma, Point Biserial, G+, Davies-Bouldin, Ratkowsky, Ball-Hall, Trcovw, Tracew, McClain, Silhouette, Dunn, SDindex та SDbw індекси. З кодом проєкту можна ознайомитись за посиланням https://github.com/VladGTT/cluster_valid.

Планується, що нова бібліотека в майбутньому поповнить потужну екосистему мови Python та надасть користувачам можливість швидко і зручно працювати з великими обсягами даних.

Бібліографічні посилання

1. Package ‘NbClust’. October 12, 2022. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/NbClust/NbClust.pdf>
2. Data Science at scale: comparing Rust vs Python and R performance. 22.08.2024. URL: <https://www.besidethepark.com/blog/python-r-rust-performance/>

ПРО ІМІТАЦІЮ РОБОТИ ВУЗЛІВ СИСТЕМИ**Божуха Д.І., bozhukha_d@365.dnu.edu.ua, Байбуз О.Г.***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

Актуальним залишається питання неефективності сучасних систем та горизонтального масштабування, як методу збільшення продуктивності [1]. Основними проблемами можуть бути складнощі програмування та питання балансу між витратами та продуктивністю. Відкритим питанням залишається динамічна реконфігурація системи з урахуванням параметрів якості обслуговування каналів зв'язку, надійності вузлів та підвищення стабільності передачі даних [2]. Залишається відкритою задача взаємоінтеграції отриманих рішень для забезпечення універсальності системи. Тому, для можливості дослідження існуючих архітектурних рішень обрано методи імітаційного моделювання, що привело до розроблення програмного забезпечення елементарних структур для подальшого їх об'єднання в системі.

Побудовано імітаційні моделі роботи віртуального вузла системи хмарних обчислень (як окремого модуля хмарної архітектури), які використовуються для вирішення різних типів задач.

Перший блок розробленого програмного забезпечення реалізує задачу надходження N запитів у визначений проміжок часу від K до $(K + h)$ з врахуванням інтервалів їх надходження $[t_{input}^0; t_{input}^{max}]$, та тривалості їх оброблення S . Зроблено припущення, що початок оброблення запиту на віртуальному вузлу V з часу M (наприклад, використання стратегії попереднього запису). Віртуальний вузол може містити фіксовану кількість L елементів (у термінології систем масового обслуговування - канали), які є однаковими та обробляють запити за визначеним розподілом. В умовах реалізації моделі прийнято, що у разі неможливості використати стратегію для вибору L_i елемента віртуального вузла, - запит вважається загального типу та перенаправляється до вільного елемента за

принципом максимуму вільного часу. Для обчислення ймовірності появи кожної з елементарних подій обрано генератор випадкових чисел з визначеним розподілом. Реалізація описаного модуля програмного забезпечення надає можливість динамічно створювати сценарії роботи віртуального вузла для визначення часу опрацювання запитів на різних етапах моделі. Також можна додатково визначити кількість запитів на моменти часу $(K + h)$ і M та середній час роботи віртуального вузла на різних наборах вхідних даних. При умові створення черги додатково потрібно приділити увагу вибору структури даних для зберігання даних (черга з/без пріоритетів).

Другий блок розробленого програмного забезпечення формує імітаційну модель в умовах першого блоку, але видаляє стратегію попереднього запису ($K = M$) та додає умову існування додаткових ресурсів R_i для розміщення черги запитів Q (або $Q_{priority}$), які були відхилені. Час, який необхідний для оброблення запиту, формується як $S = [t_{processing}^0; t_{processing}^{max}]$. Для вибору віртуального вузла V або множини додаткових ресурсів R_i створено допоміжну функцію, яка містить логіку вибору типу черги та ймовірнісні критерії. Реалізація цього модуля надає можливість динамічно створювати сценарії роботи віртуального вузла для визначення необхідності внутрішньої реконструкції архітектури системи.

Результати роботи описаних блоків на різних наборах вхідних даних можна переглянути в табличній формі та у вигляді повідомлень, як електронному способі передачі інформації.

Бібліографічні посилання

1. Методи підвищення ефективності масштабованих систем: огляд / О.Гончаренко, Г. Луцький // Inf. Comput. and Intell. syst. j., вип. 3, Груд 2022. – с. 63-76. DOI: <https://doi.org/10.20535/2708-4930.3.2022.265229>
2. Метод підвищення стабільності передачі даних у програмно конфігурованій мережі з урахуванням метрик якості обслуговування / О. Череватенко, Ю. Кулаков // Inf. Comput. and Intell. syst. j., вип. 4, с. 37–47, Жов 2024. – с. 37-46. DOI: <https://doi.org/10.20535/2786-8729.4.2024.303467>

РОЗРОБЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА РОБОТИ ПРОТОКОЛУ HTTP

Болтенков І.В., *vaniabbond@gmail.com*, Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Інтернет став невід'ємною складовою нашого повсякденного життя. Ми використовуємо його для покупок, фінансових операцій, спілкування та розваг.

З появою Інтернету речей (IoT) все більше пристроїв підключаються до мережі, надаючи можливість віддаленого доступу до них. Це стало можливим завдяки ряду технологій, зокрема протоколу передачі гіпертексту (HTTP).

Значення програмного забезпечення постійно зростає, і в цьому контексті HTTP є основою для передачі даних між клієнтом і сервером. Для студентів, які вивчають веброзробку та мережеві протоколи, важливо не лише знати теоретичні аспекти HTTP, але й мати змогу на практиці застосувати ці знання.

Дана робота спрямована на створення інтерактивного симулятора для практичного навчання основних запитів протоколу HTTP (GET, POST, PUT, DELETE), їхньої структури та відповідей.

Робота HTTP ґрунтується на клієнт-серверній архітектурі передачі даних, де йде “спілкування” між клієнтом та сервером за допомогою запитів та відповідей.

На рисунку 1 показано, що запити створюються у чітко визначеній послідовності та мають встановлену структуру. Метод запиту задає дію, яку слід виконати на ресурсі.



Рис. 1 – Складові HTTP запиту

Коли запит надходить на сервер, він обробляється, і сервер повертає відповідь, що дає можливість визначити успішність запиту. Відповідь сервера складається з таких компонентів:

- статус-код, який вказує на успішність запиту;
- HTTP заголовки;
- тіло, що містить запитуваний контент.

Симулятор підтримує ключові методи HTTP-запитів:

- GET: отримання інформації з сервера;
- POST: надсилання даних на сервер;
- PUT: оновлення існуючих даних;
- DELETE: видалення даних на сервері.

Для кожного з цих методів симулятор демонструє відповідні типи запитів, заголовки та статуси відповідей.

Розроблене програмне забезпечення включає низку ключових функцій, серед яких відображення запитів і відповідей, створення запитів різних типів, їх налагодження та відправка, аналіз отриманих відповідей, а також підтримка функції автозаповнення. Ці можливості дозволяють користувачам активно взаємодіяти з протоколом HTTP, відтворюючи реальні сценарії взаємодії між клієнтом і сервером.

РОЛЬ СУЧАСНИХ ГАДЖЕТІВ У ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ У МОРСЬКІЙ ГАЛУЗІ

Бондаренко І. В., *inga.bondarenko1216@gmail.com,*

Дунайський Інститут Національного університету

"Одеська морська академія"

Сучасні технології кардинально змінили спосіб підходу до фізичної підготовки. У багатьох сферах життя, включаючи морську галузь, гаджети стали невід'ємною частиною щоденних тренувань та професійної діяльності. Курсанти морських академій, які готуються до майбутньої роботи, особливо виграють від використання новітніх технологій для вдосконалення своєї фізичної підготовки.

Море, як стихія, завжди вимагало від своїх працівників високого рівня фізичної готовності. Це пов'язано з тим, що умови роботи часто бувають екстремальними. Відповідно до цього, фізична підготовка курсантів є дуже важливою складовою їхнього навчання. Фізичні тренування спрямовані на підвищення витривалості, сили, гнучкості та координації – ключових аспектів, необхідних для успішної роботи на морі. Основні методи тренувань, такі як біг, плавання, силові вправи та командні види спорту, залишаються основою фізичної підготовки. Однак інтеграція сучасних технологій відкриває нові можливості для підвищення ефективності цих тренувань.

Смарт-годинники, фітнес-трекери, додатки для моніторингу стану здоров'я у мобільних телефонах – пристрої, в залежності від функціоналу, надають можливість контролювати фізичну активність та загальний стан здоров'я в реальному часі, відстежують частоту серцевих скорочень, рівень стресу, якість сну, підраховують кількість зроблених кроків та витрачених калорій а також можуть спостерігати за надходженням води в організм. Дозволяють створювати персоналізовані плани тренувань, відстежувати прогрес, отримувати поради від тренерів та брати участь у

віртуальних змаганнях. Завдяки інтегрованим системам штучного інтелекту (AI), можуть допомогти скоригувати процес проведення тренування, попередять про перевантаження, дадуть поради та допоможуть уникнути травм. Також є певні наробки у віртуальній реальності.

За дослідженнями: що люди, які використовують фітнес-трекери, частіше досягають своїх цілей у фізичній підготовці, оскільки вони бачать свої досягнення і розуміють, над чим ще потрібно працювати.

Але ж є і недоліки, пов'язані з використанням гаджетів. Одним із основних обмежень є точність даних, вплив на роботу пристроїв: вологісті, температури, вібрації – знижують точність вимірювань. Надмірне покладання на гаджети може призвести до зниження самостійності курсантів у прийнятті рішень під час тренувань.

Висновки. Роль сучасних гаджетів у підвищенні якості фізичної підготовки курсантів у морській галузі є значною та перспективною. Технології не лише допомагають ефективніше досягати фізичних цілей, але й забезпечують безпеку та мотивацію. Правильне використання технологій може стати ключовим фактором у формуванні професійних морських фахівців, готових до будь-яких викликів.

Подальше удосконалення програмних та технічних сторін гаджетів, їх взаємодія з людиною в галузі фізичної культури та спорту, потребує більш глибокого науково-педагогічного підходу та є об'єктом подальших спостережень та досліджень у цій галузі.

Бібліографічні посилання

- 1.<https://gymbeam.ua/blog/uk/naykraschi-fitness-zastosunky-dlya-vidst/>
- 2.<https://prostoway.com/3182-eksperty-rozpovily-chy-varto-korystuvatysya-fitness-trekerom>
- 3.<https://www.researchgate.net/publication/339588102mobilnoorientovanifitness>

ІГРОВІ ЗАДАЧІ ПЕРЕХОПЛЕННЯ КЕРОВАНИХ ЦІЛЕЙ**Вишенський В.І.**, *vyshenskyi@ukr.net**Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України***Чикрій А.О.**, *a.o.chikrii@gmail.com**Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України***Бєлоусов А.О.**, *andybelousov03@gmail.com**Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Математична теорія керування рухомими об'єктами при конфліктній взаємодії та неповній інформації, зокрема, в ігрових задачах перехоплення керованих цілей, має у своєму розпорядженні широкий спектр фундаментальних математичних методів для дослідження різних ситуацій протистояння. Серед них – метод розв'язуючих функцій [1] та його сучасні модифікації. Метод демонструє ефективне використання сучасної техніки опуклого аналізу, багатозначних відображень та їх селекторів для обґрунтування ігрових конструкцій і отримання на їх основі змістовних результатів. Він базується на класичній умові Понтрягіна або її модифікаціях, які є необхідними для завершення гри, та гарантують побудову керування на основі топологічних теорем вимірного вибору.

Внаслідок своєї універсальності та накопичувальному принципу, закладеному в схемі, метод розповсюджено на конфліктно-керовані процеси, що описуються узагальненими квазілінійними системами, зокрема, різницевих, звичайних диференціальних, диференціально-різницевих, інтегральних та інтегро-диференціальних рівнянь, рівнянь з дробовими та частинними похідними, імпульсними, дескрипторними та стохастичними системами.

Апарат розв'язувальних функцій, які в прикладах з еліпсоподібними областями керування гравців є більшими позитивними коренями квадратних рівнянь, надзвичайно зручний і ефективний при аналізі конкретних прикладів.

Привабливою рисою метода розв'язуючих функцій є той факт, що він дає повне теоретичне обґрунтування класичних законів перехоплення керованих цілей, які використовуються проектувальниками ракетної та космічної техніки, а саме, законів паралельного переслідування, погонної кривої, та методу пропорційної навігації [2, 3]. Показано, що при прямолінійному русі з максимальною швидкістю втікача, паралельна переслідування забезпечує не більший час піймання, ніж погонна крива Ейлера. При цьому геометричне місце точок піймання при такому перехопленні для паралельного переслідування - це коло Аполлонія, для епсилон-захоплення – овал Декарта, а для переслідування за погонною кривою – равлик Паскаля. З іншого боку, якщо утікач маневрує, то час його перехоплення може бути як на користь паралельного переслідування, так і погонної кривої. Наведені відповідні приклади. Крім того, метод пропорційної навігації, який є більш загальним, ніж вказані вище закони перехоплення, може у деяких випадках давати кращий результат.

Проведені аналітичні дослідження та комп'ютерне моделювання дали змогу порівняти час піймання цілей для вказаних законів перехоплення, і показали зручність і точність метода розв'язуючих функцій для вирішення практичних задач.

Бібліографічні посилання

1. Chikrii A.A. Conflict Controlled Processes. Boston, London, Dordrecht: Springer Science and Business Media, 2013, 424 p.
2. Ignatenko A.P., Chikrii A.A. On Substantiation of the Proportion Navigation Method in the Simple Pursuit Problem. Journal of Automation and Information Science, 2004, vol. 36, No 1, pp. 19-27.
3. Chikrii A.A., Matychyn I.I. Resolving Functions in Parallel and Pure Pursuit. Journal of Automation and Information Science, 2003, vol. 35, No 11, pp. 1-6.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПО ЗАДАНИМ ІНТЕГРАЛЬНИМ МНОГОВИДАМ

Волосов В.В., *wwolosov@gmail.com*, **Шевченко В.М.**, *vovan_16@ukr.net*

Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України

Багато задач управління просторовим та кутовим рухам об'єктами аерокосмічної техніки зводяться до методів отримання диференціальних рівнянь та алгоритмів управління рухом систем матеріальних точок (МТ) по заданим многовидам у відповідних фазових просторах. Відомі два методи розв'язання вищезгаданих задач. Це метод множників Лагранжа (рівняння Лагранжа першого роду) отримання рівнянь руху системи МТ із геометричними зв'язками. В процес становлення і розвиток другого методу слід віднести роботу Н.П. Єругіна.

Досліджено застосування цих методів для розв'язання задач, обумовлених практичними задачами управління інспекційним обльотом або зависанням космічного апарату (КА) над деякою характерною точкою космічного об'єкта, зокрема іншого КА. Передбачається, що об'єкт повністю "занурений" у сферичну поверхню радіусу r . Центр сфери знаходиться у певній точці об'єкта, наприклад в його центрі мас O . Зв'яжемо з об'єктом систему координат $Oxyz$ і виділимо на сфері точку X_* , що відповідає певній характерній точці на поверхні об'єкта. Додатково накладемо умову, що точка X_* належить площині $h^T X = 0$, де h – заданий вектор.

Метод множників Лагранжа. Система рівнянь руху МТ по многовиду $\psi_1(X) = X^T X - r^2 = 0$, $\psi_2(X) = h^T X = 0$, де r і $h \in E^3$ задані параметри, шукається у вигляді $m\ddot{X} = F + R$. Тут F – шукане управління, $R = R_1 + R_2$ - реакції зв'язків: $R_1 = \lambda_1 \text{grad} \psi_1(X) = 2\lambda_1 X$, $R_2 = 2\lambda_2 \text{grad} \psi_2(X) = 2\lambda_2 h$.

Виконавши відповідні викладки [2], отримаємо шукане рівняння

$$\ddot{X} = -X(X^T X)^{-1} \|\dot{X}\|^2 + (I_3 - X(X^T X)^{-1} X^T - h(h^T h)^{-1} h^T) F \quad \forall F \in E, \quad (1)$$

руху МТ по інтегральному многовиду $\psi_j(X) = 0, j = 1, 2$, за довільних початкових умов $\psi_j(X_0) = 0, X_0 = X(t), t = 0$.

Метод Єругіна. Ставиться задача знайти множину всіх диференціальних рівнянь, які мають перші інтеграли $\psi_j(X) = 0, j = 1, 2$. В результаті дворазового диференціювання співвідношень $\psi_j(X) = 0$ отримаємо систему рівнянь лінійних алгебраїчних рівнянь відносно $\ddot{X}$: $A\ddot{X} = b, b^T = (-\|\dot{X}\|^2 \quad 0), A^T = (X \quad h)$. Множина її розв'язків має вигляд

$$\ddot{X} = A^T(AA^T)^{-1}b + (I - A^T(AA^T)^{-1}A)U \quad \forall U \in E^3 \quad (2)$$

і є шуканою системою диференціальних рівнянь. Підставивши в рівняння (2) відповідні значення A та b отримаємо рівняння (1). В рівняннях (2) на відміну від рівнянь (1) розмірність вектора X може бути більше 3. Для синтезу управління використовувалося відоме узагальнення другого методу Ляпунова дослідження стійкості динамічних систем на многовидах. Синтез алгоритму управління F здійснювався за критерієм умовної асимптотичної стійкості рішень $X(t) \equiv X^*$ рівнянь (1), (2). Проведені обчислювальні експерименти проілюстрували працездатність отриманого алгоритму.

Бібліографічні посилання

1. Еругин Н. П. Построение всего множества систем дифференциальных уравнений, имеющих заданную интегральную кривую // ПММ. – 1952. –Т. 16, вып. 6.– С. 659–670.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики Ч.І. – М.: Наука, 1965. – 468с.

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ДИНАМІКИ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Волошенюк О. Л., Пироженко О. О., Храмов Д. О.,

dakhramov@gmail.com

Інститут технічної механіки НАН і ДКА України

У сучасних дослідженнях динаміки космічних апаратів (КА) використовується широкий спектр програмних інструментів: мов програмування, спеціалізованих бібліотек, систем символьного та фізичного моделювання, методів машинного навчання [1–3]. Аналіз досвіду застосування великих мовних моделей (Large Language Model, LLM), подібних до ChatGPT, дасть змогу виявити перспективні напрямки їхнього впровадження в дослідження задач динаміки КА.

Процес моделювання динаміки КА можна умовно розділити на два етапи: аналітичний та обчислювальний. На першому етапі записуються рівняння руху системи, які перетворюються до вигляду, зручного для проведення аналітичних досліджень або виконання розрахунків. На другому етапі отримані рівняння перетворюються в програмний код, оптимізація якого дає інструмент для чисельного дослідження динаміки системи.

Для виведення рівнянь руху КА активно використовують системи символьного моделювання (ССМ). Робота з ними починається із запису основних рівнянь мовою ССМ. Тут на допомогу приходять LLM, які дають змогу за текстовим запитом дослідника записати рівняння руху, а потім перетворити їх у програмний код ССМ. Таким чином LLM спрощують людино-машинну взаємодію, оскільки постановка задачі записується природною мовою і не вимагає освоєння мови ССМ. LLM здатні перетворювати рівняння, але наразі не мають механізму контролю за коректністю перетворень і не пристосовані для їх пакетного виконання. Ці функції залишаються за ССМ.

LLM можуть підвищити варіативність підходів до розв'язання задачі. Вони здатні згенерувати пропозиції щодо вибору систем координат або способів спрощення рівнянь, які потім можна реалізувати за допомогою ССМ.

LLM відкривають нові можливості в частині перетворення формул у програмний код. Вони підтримують велику кількість мов програмування. На відміну від ССМ, які здійснюють пряме перетворення підготовлених ними рівнянь у код, LLM можуть запропонувати вибір тих чи інших бібліотек, що дасть змогу суттєво розширити можливості моделювання. Крім того, LLM здатні генерувати код розв'язання задачі загалом, а також спосіб його розбиття на фрагменти.

Бібліографічні посилання

1. Храмов Д. А. Особенности моделирования динамики экспериментальной тросовой системы современными компьютерными программами // Техническая механика. — 2011. — № 3 — С. 91–102.
2. Алпатов А. П. Компьютерные средства моделирования динамики космических систем / А. П. Алпатов, П. П. Белоножко, С. В. Тарасов, А. А. Фоков, Д. А. Храмов // Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні: матеріали науково-технічної конференції / НМетАУ. — Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014. — С. 5–6.
3. Храмов Д. А. Анализ способов совместного использования методов машинного обучения и дифференциальных уравнений в задачах динамики // Sciences of Europe. — 2021. — №83-1. — С. 41–47.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИПРОБУВАНЬ ГТД ТВЗ-117В

Вялов С.Р., *vialov0608@gmail.com*

АТ «Елемент», Національний університет «Одеська політехніка»

Імітаційне моделювання процесу випробувань газотурбінного двигуна ТВЗ-117В є важливим для підвищення надійності та безпеки двигуна під час інтенсивної експлуатації. Реальні випробування у критичних режимах можуть бути дорогими і ризикованими, тому імітація на основі математичних моделей дозволяє відтворити поведінку двигуна без зносу і додаткових ризиків, що підвищує ефективність діагностики та контролю двигуна.

Моделювання виконується на стенді-імітаторі — програмно-апаратному комплексі з вбудованою математичною моделлю двигуна ТВЗ-117В. Програма автоматизації перевірок виконує заданий алгоритм перевірок режимів роботи ГТД. Стенд імітує сигнали від датчиків та агрегатів двигуна відтворюючи умови для перевірки режимів роботи і реакції систем автоматичного регулювання РДЦ-450М-117В. Це дозволяє отримувати точні показники, моделювати відмови та забезпечувати візуалізацію даних для подальшого аналізу [1].

При імітації роботи ГТД особливу увагу варто приділити таким режимам як злітний, захисту та помпажу, оскільки вони характеризуються нетиповими для штатної роботи двигуна значеннями параметрів.

Злітний режим — двигун працює на максимальній потужності для досягнення тяги, імітація цього режиму дозволяє оцінити витривалість і стабільність при пікових навантаженнях. Режим захисту (АЗСТ) — система автоматично спрацьовує при виході параметрів за межі норми, що перевіряє ефективність захисту і реакцію на критичні ситуації. [2].

Помпаж — режим нестабільної роботи з коливаннями тиску, імітація дозволяє оцінити здатність двигуна стабілізуватися і реакцію системи захисту на збої [1].

Імітаційне моделювання дає змогу суттєво знизити витрати і кількість реальних випробувань, дозволяючи відтворювати небезпечні режими без навантаження на ресурс двигуна. Такий підхід забезпечує економію ресурсів за рахунок скорочення обсягу тестувань і витрат на обслуговування, підвищує надійність завдяки виявленню потенційних несправностей і стабільній роботі систем захисту, а також покращує безпеку, дозволяючи уникнути поломок та забезпечуючи стабільну роботу навіть у критичних умовах.

Імітаційне моделювання випробувань двигуна ТВ3-117В на стенді-імітаторі дозволяє безпечно відтворювати критичні режими роботи, такі як зліт, захист (АЗСТ) та помпаж, мінімізуючи ризик поломки для двигуна та скорочуючи витрати ресурсів на випробування. Такий підхід підвищує надійність і безпеку двигуна, знижує ризик аварій і забезпечує стабільну роботу регулятора, що важливо для безпечної експлуатації в умовах інтенсивного навантаження [2].

Бібліографічні посилання

1. А.Г. Буряченко, А.М. Грудинкин, Д.С. Бурунов. Стенд-имитатор турбовального двигателя АИ-450М для испытаний регулятора двигателя. Метрологическое обеспечение и аттестация стенда // Вестник двигателестроения №2/2015; 95-101.
2. Д.И. Волков, В.М. Грудинкин, В.А. Качура, А.А. Разладский. Стенды-имитаторы и их применение на различных стадиях жизненного цикла систем управления газотурбинных двигателей // Авиационно-космическая техника и технология (9); 133-137.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СТВОРЕННЯ CI/CD КОНВЕЄРА З ВИКОРИСТАННЯМ JENKINS PIPELINE

Ганжа А.С., *hanzha_as@outlook.com*, Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет Імені Олеся Гончара

Сучасні методології розробки програмного забезпечення, такі як DevOps, значно прискорюють процес інтеграції та розгортання змін завдяки практикам CI/CD (Continuous Integration/Continuous Deployment, або безперервна інтеграція та розгортання). CI/CD дозволяє командам автоматизувати багато аспектів розробки та підтримки програмного забезпечення, таких як збірка, тестування, інтеграція нових змін у код, а також розгортання їх у виробничому середовищі.

Основною метою CI/CD є забезпечення безперебійної роботи програмного забезпечення шляхом швидкого та надійного виявлення й усунення помилок на ранніх етапах розробки. Jenkins Pipeline є одним із найпопулярніших інструментів для реалізації CI/CD процесів, оскільки він дозволяє налаштовувати конвеєри для автоматизації всіх етапів, від тестування до розгортання. Втім, налаштування Jenkins Pipeline для кожного проєкту вручну може бути трудомістким, тому автоматизація його генерації стає актуальним завданням для DevOps-фахівців і команд розробників.

Метою даної розробки є автоматизація створення Jenkins Pipeline файлу (Jenkinsfile) на основі отриманого від користувача списку файлів проєкту за допомогою штучного інтелекту. Для цього було обрано платформу OpenAI.

Основними завданнями скрипту є автоматичне створення Jenkinsfile на основі файлів проєкту або його структури. Це досягається шляхом налаштування асистента OpenAI, який приймає список та генерує відповідний конвеєр.

На виході розроблений скрипт генерує Jenkins Pipeline, подібний до наведеного у лістингу 1. Цей код визначає етапи Checkout, Install dependencies та Run script, які є основними для більшості CI/CD процесів у Python-проектах.

Лістинг 1 — Приклад згенерованого Jenkins Pipeline

```
pipeline {
  agent any

  stages {
    stage('Checkout') {
      steps {
        git 'https://github.com/your-repo.git'
      }
    }

    stage('Install dependencies') {
      steps {
        sh 'pip install -r requirements.txt'
      }
    }

    stage('Run script') {
      steps {
        sh 'python script.py'
      }
    }
  }
}
```

Запропонований скрипт є першим кроком до автоматизації створення Jenkins Pipeline, зменшуючи час і зусилля на налаштування CI/CD для нових проєктів. На основі цього скрипту можна побудувати систему, яка охоплює всі етапи життєвого циклу програмного забезпечення — від тестування до розгортання.

ПРО АЛГОРИТМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ПОТЯГОМ

Гарт Л.Л., *ll_hart@ukr.net*, Полонський Д.О., *daniil5461@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Задача оптимального програмного керування потягом (або поїздом) полягає у пошуку такого способу управління потужністю локомотива і гальмуванням, щоб мінімізувати певний критерій оптимальності (наприклад, час руху, споживання енергії або знос обладнання) при дотриманні фізичних та технічних обмежень [1].

Розглядається задача керування потягом, що рухається з однієї станції до іншої по рівному шляху. Подорож має бути завершеною в межах заданого часу і, за можливості, з мінімальною витратою пального. Вважається [2], що змінні стану $x = x(t) \in [0, X] \subset \mathbb{R}$ та $v = v(t) \in [0, V] \subset \mathbb{R}$ (положення та швидкість потягу відповідно) задовольняють просту автономну систему диференціальних рівнянь

$$\frac{dx}{dt} = v, \quad \frac{dv}{dt} = F(x, v, u), \quad \text{де } x(0) = 0, x(T) = X, v(0) = v(T) = 0, \quad (1)$$

де $t \in [0, T] \subset \mathbb{R}$ – часова змінна; $u \equiv u(t) \in U \subseteq [-q, p] \subset \mathbb{R}$ – керуючий вплив; T, X, V, p, q – задані додатні числа. Функція $F(x, v, u)$ вважається визначеною та неперервною разом із частинними похідними $\frac{dF}{dx}, \frac{dF}{dv}, \frac{dF}{du}$ для всіх $(x, v, u) \in [0, X] \times [0, V] \times U$ і такою, що для зазначених (x, v, u) задовольняє умови $F(x, 0, -q) < 0 < F(x, 0, p)$, $\frac{dF}{du}(x, v, u) > 0$, зокрема

$$F(x, v, u) = \frac{Af(u)}{v} + B(u) + g(x) - r(v), \quad (2)$$

де $A > 0$ – відома стала; $B(u) = 0$ для $0 \leq u \leq p$; $B(u_1) < B(u_2) < 0$ для $u_1 < u_2 < 0$; $g(x)$ – компонента гравітаційного прискорення в напрямку руху; $r(v)$ – опір тертя для одиниці маси проти напрямку руху.

Вартість подорожі визначається витратами пального [2]:

$$J = \int_0^T f(u(t)) dt \rightarrow \inf, \quad (3)$$

де $f: [-q, p] \rightarrow \mathbb{R}$ – неперервна функція, строго зростаюча та диференційована на $[0, p]$ і така, що $f(u) = 0$ на $[-q, 0]$.

Відповідно до принципу максимуму Понтрягіна складено гамільтоніан $H \equiv H(x, v, \psi_1, \psi_2, u)$ задачі керування (1)–(3):

$$H = -f(u) + \psi_1 v + \psi_2 \left(\frac{Af(u)}{v} + B(u) + g(x) - r(v) \right), \quad 0 \leq t \leq T$$

та отримано систему спряжених диференціальних рівнянь

$$\frac{d\psi_1}{dt} = -\psi_2 g'(x), \quad \frac{d\psi_2}{dt} = -\psi_1 + \psi_2 \left(\frac{Af(u)}{v^2} + r'(v) \right). \quad (4)$$

Умови трансверсальності виконуються тривіально.

Для розв’язання задачі оптимізації керування (1)–(3) обговорюється можливість реалізації двох підходів. Перший (непрямий) підхід полягає у розв’язуванні крайової задачі принципу максимуму (1), (2), (4) для системи чотирьох диференціальних рівнянь (основних та спряжених) за наявності обмежень на керування та на траєкторію руху із використанням адаптованих до умов задачі алгоритмів балістичного методу або методу прогонки з ітераціями [3]. Другий (прямий) підхід полягає у застосуванні ітераційного методу для мінімізації цільового функціонала (3), доповненого штрафами на обмеження керування та фазової траєкторії [4]. Передбачається дослідження практичної збіжності та ефективності побудованих числових схем.

Бібліографічні посилання

1. Петренко О.М., Любарський Б.Г. Програмно-орієнтована математична модель руху транспортного засобу. *Системи обробки інформації*. 2016, 5(142), 76–79.
2. Howlett P. The optimal control of a train. *Annals of Operations Research*. 2000, 98, 65–87. <https://doi.org/10.1023/A:1019235819716>.
3. Гарт Л.Л. Проекційно-ітераційні методи розв’язання операторних рівнянь та задач нескінченновимірної оптимізації: Дис. ... д-ра фіз.-мат. наук, 01.05.01, МОН України. Дніпро: ДНУ, 2017. 293 с.
4. Hart L.L. On optimization techniques for solving control problems with phase constraints. *Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: Тези доп. XXI міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро: ДНУ, 2023. С. 9–10.*

ПАРАЛЕЛЬНІ МЕТОДИ ДЕТЕКТУВАННЯ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ

Головинський А.Л., *golovinsky.andriy@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Кравченко Н.В., *kravchenko.n.v.88@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Полішко С.В., *Sergpilen777@gmail.com*

*Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету
оборони України імені Івана Черняховського,*

Системи радіоелектронної розвідки (РЕР) зазвичай мають на меті виявлення, ідентифікацію та вивчення радіоелектронних сигналів. Компактні і мобільні РЕР системи дозволяють здійснювати ці функції у рухливих умовах, що робить їх дуже цінними для розвідувальних та військових операцій. Такі системи можуть бути встановлені на транспортних засобах, невеликих апаратах або навіть на особистому обладнанні військовослужбовців. Системи РЕР представлені на ринку у різноманітних варіантах. Є прив'язка до певних діапазонів, немає гнучкості і водночас автоматизації. Одними з поширених систем РЕР є такі як цукорок, ванільний цукорок, TinySA, купол або "куполовий сканер" або "купольна камера".

Детектування — це процес виявлення, розпізнавання або ідентифікації певних об'єктів, сигналів або явищ. В радіоелектронній розвідці детектування радіосигналів відбувається, зокрема, задля виявлення джерел випромінювання, які можуть належати противнику.

До задач детектування відносяться наступні операції: сканування певного діапазону, визначення корисних сигналів на фоні завад та автоматичне визначення напрямку на ціль та передача команд на подавлення чи більш точну пеленгацію за допомогою кількох детекторів. Точні діапазони можуть варіюватися в залежності від моделі та виробника. Сканер SpectraScan використовує два оригінальні методи детектування джерела

радіовипромінювання з паралельною обробкою даних: за енергією та кореляційний, кожен в одно- та дво-канальній модифікації. Швидкодія методів для 256-ядерного обчислювача при скануванні 40 МГц смуги показана в табл.1.

Таблиця 1. Швидкодія методів для 256-ядерного обчислювача при скануванні 40 МГц смуги

Час сканування, с	Одноканальний	Двоканальний
За енергією	3.4	11.2
Кореляційний	3.4	11.6

Метод за енергією визначає сумарну енергію сигналу у кожному стовпчику матриці M і відповідно формує вектор V максимумів за стовпчиками. Наступним кроком є проходження вектора вікном заданої ширини w і визначення сигналів, які більші за середнє у вікні.

Автокореляційний метод діє з матрицею M іншим чином, а саме у кожному стовпчику шукається максимум автокореляційної функції. Якщо цей максимум вищий за результати автокореляції у сусідніх стовпчиках у вікні шириною w , то це є ознакою сигналу. Крім власне детектування, комплекс може працювати в режимі подавлення. У цьому режимі він дає команди зовнішнім модулям постановки завад або генерує завади самостійно і випромінює їх власним передавачем. В цьому випадку потужність завади визначається підключеними підсилювачами та антенами. Комплекс SpectraScan може працювати як у повністю автономному режимі, маючи лише консольний доступ для змін параметрів роботи, так і графічний інтерфейс, який інформує користувача про загрози.

Отже, у сфері застосування РЕР детектування може здійснюватися за допомогою різних технологій та методів, а нові системи та технології дають можливість значно підвищити ефективність радіоелектронної розвідки, дозволяючи військовим і розвідувальним організаціям отримувати важливу інформацію в умовах сучасних бойових дій.

ЗАДАЧА ПОКРИТТЯ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМИ

Горбачук В.М., Дунаєвський М.С., Рибачок Д.О.

*GorbachukVasyl@netscape.net**Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

Складна система 1 нерідко зазнає атак з боку іншої системи 2. Атака на систему 1 потребує інформації про реакцію системи 1 на дії системи 2.

Припустимо, що є набір з p об'єктів, що становлять систему 1, яка може атакуватися, і є ресурси для атаки r із цих об'єктів. Наприклад, комунікаційні засоби мають обмеження на те, наскільки далеко кожний засіб може зв'язуватися з точкою попиту, забезпечуючи максимальний стандарт обслуговування [1]. Кожна точка попиту продовжуватиме отримувати трансляційний зв'язок до тих пір, поки існуватиме принаймні один засіб комунікації після атаки, який покриватиме діапазон попиту. Тут задача системи 2 (нападника) полягає у тому, щоб знаходити ті r об'єктів, які варто атакувати чи пошкоджувати (блокувати), і гарантувати відсутність комунікаційних послуг для найбільшого обсягу попиту. Максимізується по змінних рішення y_i^L , s_j цільова функція обсягу попиту

$$\sum_{i \in I} a_i y_i^L, \quad (1)$$

який втратить покриття після блокування, де: I – набір точок i конкретного попиту; a_i – обсяг попиту в точці i ; y_i^L – булева змінна зі значенням 1, коли попит у точці i не покривається; s_j – булева змінна зі значенням 1, коли засіб у місцерозташуванні j є заблокованим. Ця модель має обмеження на число заблокованих або знищених об'єктів

$$\sum_{j \in \Omega} s_j = r < p, \quad (2)$$

$$y_i^L \leq s_j, \quad i \in I, \quad j \in N_i \doteq \{ j \in \Omega : \text{засіб } j \text{ покриває точку попиту } i \}, \quad (3)$$

$s_j \in \{0, 1\}$, $1 \leq j \leq \Phi_i \doteq |N_i|$ – число існуючих засобів, які покривають точку попиту i ;

(4)

$$y_i^L \in \{0, 1\}, i \in I, \quad (5)$$

де: Ω – множина конкретних місцезрештувань j існуючих засобів; $|\Omega| = p$.

Обмеження (3) допускає $y_i^L = 1$, коли блокуються всі існуючі засоби, які покривають точку попиту i ; коли ж існує принаймні один засіб, який покриває покривають точку попиту i та не блокується, то $y_i^L = 0$. Таким чином, лише точки попиту, які втратили всі свої існуючі засоби покриття, можуть вважатися такими, що повністю втратили покриття. Обмеження (4), (5) є бінарними цілочисельними, причому обмеження (5) впливають з обмежень (3), (4). Задачу (1)–(5) можна розв'язувати за допомогою будь-якого програмного забезпечення для цілочисельного лінійного програмування [2]. Для p різних місцезрештувань точок попиту, задачу пошуку підмножини r об'єктів, блокування яких максимізує результуюче зменшення покриття цих місцезрештувань, називають задачею покриття r об'єктів. З іншого боку, захист системи 1 потребує інформації про реакцію системи 2 на дії системи 1. Таким чином, інформація (дані) про реакцію іншої системи є важливою у питаннях організації захисту й атаки [3].

Бібліографічні посилання

1. Chikrii A., Denisova N., Gorbachuk V., Gromaszek K., Krivonos Y., Lytvynenko V., Matychyn I., Osypenko V., Smailova S., Wojcik W. *Current problems in information and computational technologies*. V. 2. W. Wojcik, J. Sikora (eds.) Lublin: Politechnika Lubelska, 2012. 196 p.
2. Горбачук В.М., Єрмольєв Ю.М., Єрмольєва Т.Ю. Двоетапна модель еколого-економічних рішень. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2016. Т. 21. Вип. 9. С. 142–147.
3. Горбачук В.М., Макаренко О.С. Особливості прийняття рішень людиною для розв'язання складних міждисциплінарних проблем. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2017. № 3. С. 73–87.

ВЕРИФІКАЦІЯ СИМЕТРИЧНОЇ КРИПТОГРАФІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕННЯХ В АСУ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Грищук О.М., *hry.olga@gmail.com*

Національний авіаційний університет

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток технологій доступу до чутливої мовної інформації (МІ), яка циркулює в автоматизованих системах управління критичного призначення (АСУ КП), обумовлює потребу подальшого розвитку наявних систем захисту (СЗ). Перш за все це стосується криптографічних алгоритмів (КА), які застосовуються в таких системах. Такі КА повинні бути стійкими до квантових кібератак, що є актуальною науковою проблемою, яка має важливе практичне значення для захисту АСУ КП.

Аналіз стану проблеми. На сьогодні відомо не мало КА, що є стійкими до квантових кібератак й застосовуються для побудови систем захисту мовної інформації (СЗМІ). Це квантові КА на основі ґраток, мультиваріативної криптографії, криптографії на основі хеш-функцій, криптографії на основі кодів коригування помилок, криптографії на основі ізогенії та ін. Останнім часом множина КА стійких до квантових кібератак розширилася за рахунок появи симетричних криптографічних (СК) систем на основі диференціальних перетворень (ДП). На відміну від класичної симетричної криптографії в основу якої покладено методи дискретної математики, КА в таких системах ґрунтуються на методах інтегральної криптографії. Основу КА становить те, чи інше інтегральне рівняння математичної фізики. Разом з тим на сьогодні й досі більшість таких СК СЗМІ на основі ДП з відповідними КА не верифіковані.

Основний зміст дослідження. З метою верифікації СК СЗМІ на основі ДП пропонується: по-перше, верифікувати модель СК СЗМІ на основі ДП; по-друге, верифікувати КА на основі інтегрального рівняння Фредгольма першого роду; по-третє, верифікувати алгоритм генерації та розподілу ключів

шифрування на основі ДП; по-четверте, верифікувати СК СЗМІ в цілому. Верифікація моделі СК СЗМІ на основі ДП проведена з використанням методу порівнянь. Порівняння результатів одержаних на основі класичної моделі СК системи та моделі криптографічної СЗМІ, яка досліджувалася дозволило встановити, що остання є адекватною та належить до систем з КА потокового шифрування. Такий висновок дозволяє стверджувати, що вона може бути застосована для захисту мовної інформації в реальному масштабі часу. Верифікація КА на основі інтегрального рівняння Фредгольма першого роду проведено за допомогою відомого методу аналітичних рішень. Збіжність результатів комп'ютерного моделювання з результатами аналітичних розрахунків дозволило встановити відсутність помилок та розбіжностей в реалізації моделі. Як результат перевірено прийняті припущення та одержано підтвердження його коректного функціонування. Верифікацію алгоритму генерації та розподілу ключів проведено методом верифікаційного тестування, що дозволило для різних класів алгебричних математичних моделей ключів шифрування одержати відповідні їм диференціальні спектри. Одержані результати підтверджують спроможність запропонованого алгоритму безпомилково генерувати ключі шифрування для СК СЗМІ на основі ДП. Розв'язання модельних прикладів та врахування інших результатів верифікації, за які мова йшла вище, дозволило прийти до висновку – система, яка верифікувалася працює коректно, а тому може застосовуватися для захисту мовної інформації в АСКП.

Висновки. Запропонований підхід до верифікації, на відміну від відомих дозволив підійти до процедури верифікації декомпозиційно, всебічно верифікувавши всі етапи які передують практичній реалізації запропонованої системи. Одержані результати підтверджують правильність прийнятих технічних рішень, а їх збіжність з відомими та несуперечність основними явищами та законами природи, відкривають широкі можливості для практичного впровадження нового класу КА для СК СЗМІ в АСУ КП.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ КІБЕРБЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Гришук Р.В., *Prof.Hry@gmail.com*

Військова академія (м. Одеса)

Постановка проблеми. Об'єкти критичної інфраструктури відіграють виключно важливу роль у забезпеченні безпеки життєдіяльності населення та економіки України. Несанкціоноване втручання в контур управління об'єктами критичної інфраструктури та виведення їх із ладу становить реальну загрозу для національної, регіональної та глобальної безпеки. Саме тому захист об'єктів критичної інфраструктури від кібератак є проблемою не тільки державного, а й світового значення. Оскільки відпрацювання безпекових алгоритмів на реальних об'єктах критичної інфраструктури на сьогодні не вбачається можливим, то актуальною науковою задачею є розроблення методологічних засад побудови моделей управління кібербезпекою таких об'єктів.

Аналіз стану проблеми. На сучасному етапі розвитку науки і техніки створення моделей управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури як правило носить розрізнений характер. Існують моделі для управління кібербезпекою окремих об'єктів. Існують й комплекси моделей для таких об'єктів критичної інфраструктури. Разом з тим до сьогодні не було створено єдині методологічні засади синтезу таких моделей. Крім того існуючі моделі у своїй більшості не передбачають інтелектуалізації, що на сьогодні є світовим безпековим трендом.

Основний зміст дослідження. Фундаментальна проблема забезпечення стійкості об'єктів критичної інфраструктури від кібератак спонукає до пошуку нових та нетривіальних підходів до її вирішення. У роботі запропоновано науково обґрунтовані методологічні засади, які на відміну від відомих вперше дозволяють синтезувати нові моделі для управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури.

В основу методологічних засад покладено ідеї синергетики Г. Хакена та кібернетики Н. Вінера. Це дозволило виявити нові невідомі до сьогодні емерджентні властивості у синтезованих моделях. Як результат визначено нові напрями підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури до кібератак.

У результаті дослідження також вперше обґрунтовано належність системи управління об'єкта критичної інфраструктури до систем з критичною кіберінфраструктурою, що обумовлено їх функціонуванням під управлінням інформаційно-комунікаційних систем. Це дозволило на основі запропонованих графових диференціально-ігрових моделей забезпечити завчасне виявлення серед наявних систем управління об'єктами критичної інфраструктури найбільш критичні об'єкти, пріоритизація захисту яких запобігає виникненню ефектів ланцюгових реакцій, чим сприяє підвищенню рівня їх кіберзахисту. Так, наприклад, це не тільки ті об'єкти які належать суто до сектору фінансово-економічної сфери, а перш за все це об'єкти критичної інфраструктури, віднесені до сектору національної безпеки та оборони.

У доповіді також розкриваються результати впровадження одержаних наукових результатів, що підтверджує наукову цінність роботи.

Висновки. Отже, методологічні засади побудови моделей управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури дозволяють одержувати нові фундаментальні та одночасно конкурентоспроможні знання світового рівня, спрямовані на вирішення актуальної наукової проблеми забезпечення стійкості об'єктів критичної інфраструктури від кібератак, у тому числі й від кібератак нульового дня.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Гук Н.А., *huk_n@365.dnu.edu.ua*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Адаптивні системи керування належать до класу систем, в яких інформація про об'єкт керування отримується безпосередньо під час його роботи, а керувальні дії змінюються відповідно до поточних характеристик стану об'єкта. На відміну від класичних методів теорії керування, які вимагають створення точної математичної моделі об'єкта, що найчастіше є складним для технічних систем, адаптивні системи використовують інтелектуальні методи для більш гнучкого керування. Завдяки цьому підходу можливо одночасно враховувати кількісні та якісні характеристики об'єкта і автоматично налаштовувати систему на змінні зовнішні умови, що підвищує її стійкість до впливу збурень. У роботі розглядається процес керування нагріванням металевого стрижня та розробляється підхід до ідентифікації параметрів адаптивної моделі керування на основі результатів спостережень з використанням нейронної мережі. Для визначення параметрів керувального впливу на виконавчі елементи використовується модель об'єкту та модель процесу керування, що описується робочими параметрами, зокрема параметрами установки валків у прокатній лінії або параметрами нагрівальних/охолоджуючих елементів на ділянці термічної обробки.

Пропонується здійснювати ідентифікацію параметрів керувального впливу в процесі експлуатації об'єкту з використанням системи, яка складається з двох штучних нейронних мереж прямого поширення з елементами затримки, одна з яких виконує функцію керування (блок керування), а друга здійснює апроксимацію залежності керувального впливу від стану динамічної системи (блок побудови моделі). Блок побудови моделі з'єднується з блоком керування, який генерує

керувальний вплив $u(t)$ та передає його на об'єкт керування. В результаті здійснення впливу об'єкт керування переходить в стан $y(t + 1)$, а значення параметрів цього стану вимірюють в заданих точках об'єкту за допомогою вимірювальних датчиків. Пари значень $\{u(t), y(t + 1)\}$ утворюють навчальну вибірку, яка застосовується для навчання нейронної мережі в режимі offline. На вхід нейронної мережі, що є мережею прямого поширення з двома прихованими шарами, передають параметри керувального впливу $u(t)$ та значення $y(t + 1)$ через блок затримки Y^{-1} . Нейронна мережа генерує реакцію об'єкту керування $\hat{y}(t + 1)$ на керувальний вплив $u(t)$. За значеннями спостережуваних параметрів стану $y(t + 1)$ та генерованих нейронною мережею $\hat{y}(t + 1)$ формується функція помилки $\delta(t+1)$. Після налаштування блоку побудови моделі здійснюють налаштування в режимі online другої нейронної мережі, яка виконує функцію блоку керування. На вхід мережі подають інформацію про передбачуваний стан об'єкту $x(t+1)$ та його поточний стан через блок затримки Y^{-1} , блок керування генерує керувальний вплив $u(t)$, який потрапляє на вхід об'єкту керування та на вхід нейронної мережі. В результаті об'єкт керування генерує реакцію $y(t + 1)$ на керувальний вплив $u(t)$, а нейронна мережа генерує реакцію $\hat{y}(t + 1)$ на керувальний вплив. Функція помилки керування $\delta(t+1)$ в зворотній бік проходить через блок нейронної мережі, при цьому вагові коефіцієнти блоку нейронної мережі не змінюють. Далі функція помилки керування потрапляє на блок керування, де стає критерієм для налаштування параметрів блоку керування.

Запропонований підхід дозволяє визначити параметри керувального впливу в процесі функціонування об'єкта в режимі реального часу, що суттєво підвищує точність керування.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В АНАЛІЗІ ЕМОЦІЙ ТЕКСТУ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Дженкова М.М., *dzhenkova.mariya@gmail.com*,

Шевельова А.Є., *shevelevaee@dnu.dp.ua*

Дніпровський Національний Університет імені Олеся Гончара

На сьогоднішній день одним з розповсюджених напрямків досліджень є комп'ютерний аналіз людського спілкування та текстів. Визначення емоційного забарвлення текстів застосовується у різних сферах діяльності: від торгівлі та маркетингу до навчання та медицини. На тему аналізу тексту існує багато досліджень, більшість з них направлені на використання нейронних мереж для аналізу текстів [1]. Тим не менш, системи, які побудовані на основі використання нейронних мереж, можуть бути дуже складними, а час навчання та необхідна кількість початкових даних може бути дуже великою. На відміну від нейронних мереж, нечітка логіка є досить потужним але менш об'ємним механізмом, який дозволяє працювати з такими нечіткими вхідними параметрами, як тексти, написані людьми [4]. На жаль, нечітка логіка також має деякі вади. Оскільки вона базується на нечітких правилах створених людьми, то з часом виведення системи може стати менш точним. Тому пропонується використовувати алгоритми машинного навчання для побудови гібридної системи, яка зможе використовувати автоматичне навчання для покращення своєї роботи.

Для тестування було побудовано невелику систему нечіткого виводу. Моделювання було виконано в застосунку MATLAB, з використанням підпрограми Fuzzy Logic Toolbox [3]. Система включає в себе 3 лінгвістичні зміни: негативно, нейтрально, позитивно. Словам присвоюються значення з діапазону $[0, 1]$, де 0 означає негативне емоційне забарвлення, а 1 – позитивне. Система містить 3 зразки правил. Як функції належності використовуються Гауссівська та трикутна функції.

Оператор «min» використовується як метод нечіткої агрегації для об'єднання оцінок настрою на рівні слова в оцінку на рівні речення. Так само це працює для оцінки настрою тексту речення. Метод центру тяжіння використовується для дефазифікації.

Після завершення моделювання нечіткої системи, може бути застосовано алгоритм машинного навчання. В нашому випадку пропонується використовувати машинне навчання для перерахунку параметрів функцій належності, а процес навчання може бути описаний функцією мінімізації втрат [2]. Коли навчання закінчено, нечітка система виводу може отримати оновлені функції належності і використовувати для побудови більш точного виведення.

Інтеграція машинного навчання в систему нечіткого виведення створює відносно легкий механізм, який робить систему набагато гнучкішою та більш адаптивною. Подальша робота буде базуватися на розширенні оптимізованих параметрів системи нечіткого виведення, моделюванні більш складної системи та розробці програмного забезпечення.

Бібліографічні посилання

1. Bhavitha B.K., Rodrigues A.P., Chiplunkar N.N. Comparative Study of Machine Learning Techniques in Sentimental Analysis // Proceedings of the 2017 International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 10-11 March 2017, Coimbatore, India, pp. 216-221. <http://dx.doi.org/10.1109/ICICCT.2017.7975191>
2. Terven J., Cordova-Esparza D., Ramirez-Pedraza A., Chávez Urbiola E. Loss Functions and Metrics in Deep Learning. A Review // p. 53, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.02694>
3. Sivanandam S. N., Sumathi S., Deepa S. N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB // Springer Berlin, Heidelberg pp. 113-149, 2007. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35781-0>
4. Zadeh L. A. Fuzzy logic = computing with words. IEEE // Transactions on Fuzzy Systems 4 (2). p. 103, 1996

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДАНИХ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВІАЦІЙНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Дунай А.В., *adunay99@gmail.com*

АТ «Елемент», Національний університет «Одеська політехніка»

Метою моделювання в процесі контролю параметрів газотурбінного двигуна (ГТД) є забезпечення надійної оцінки технічного стану на основі об'єктивного порівняння реальних параметрів з еталонними. В результаті аналізу було з'ясовано, що для систематичного контролю параметрів двигуна доцільним є впровадження його діагностичної моделі (ДМ) [1].

Такий підхід дозволяє проводити діагностику ГТД шляхом автоматизованого порівняння значення параметрів двигуна на різних режимах роботи зі значеннями, які імітуються ДМ. З огляду на великі обсяги експлуатаційних даних ГТД, автоматизація їх аналізу сприяє підвищенню точності виявлення відхилень і зменшенню кількості помилок в порівнянні з оцінкою даних оператором.

ГТД ТВ3-117В, для якого реалізується ДМ, має ряд режимів роботи, кожен з них характеризується набором значень параметрів, які підлягають контролю та діагностиці. Серед основних режимів роботи двигуна виділяють «Малий газ», «Крейсерський режим», «Злітний режим», «Режим 2,5-хвилинної потужності», «Режим консервації/розконсервації». Для даних режимів необхідно задати критерії для порівняння реальних даних з даними ДМ.

У якості таких критеріїв доцільно використовувати наступні параметри: температура газів за турбіною (T_g), частота обертання ротора компресора (n_k), крутний момент ($M_{кр}$), витрата палива (G_t).

Режим «Малий газ» використовується при мінімальному завантаженні, попередньо під час прогріву або охолодження двигуна.

Критеріями виступають: $T_g=400\text{--}450^\circ\text{C}$, $pk=65\text{--}70\%$ від номінальної, $M_{кр}$ мінімальний, G_t відповідна режиму холостого ходу.

«Крейсерський режим» є основним робочим режимом з підтриманням стабільних параметрів. Критерії наступні: $T_g=500\text{--}550^\circ\text{C}$, $pk=90\text{--}95\%$ від номінальної, $M_{кр}$ середній з оптимальною тягою, G_t відповідна стабільному польоту.

«Злітний режим» активується під час максимальної тяги під час зльоту. Критеріями для нього є: $T_g=550\text{--}600^\circ\text{C}$, $pk=100\%$ від номінальної, $M_{кр}$ максимальний, G_t відповідна максимальній потужності.

«Режим 2,5-хвилинної потужності» використовується для отримання максимальної потужності протягом короткого часу. Критерії для режиму: T_g до 660°C , pk не більше 103% від номінальної, $M_{кр} = 10\text{--}15\%$ від номінального, G_t максимальна і відповідна екстремуму режиму.

«Режим консервації/розконсервації» призначений для підготовки двигуна до зберігання та повернення його в експлуатаційний стан. Для даного режиму критеріями є T_g відповідною температурі навколишнього середовища, тиск у камері згоряння рівний атмосферному та мінімальні значення параметрів pk , $M_{кр}$, G_t .

Таким чином, реалізована на базі перерахованих вище критеріїв ДМ забезпечить автоматизований і точний контроль за технічним станом ГТД ТВ3-117В. Обрані критерії враховують особливості режимів роботи двигуна та дають можливість об'єктивно порівнювати експлуатаційні дані з еталонними показниками.

Бібліографічні посилання

1. Владов С.І. Розробка інформаційної та динамічної моделей контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості 4 (10) (2019): 44-54.

ЯКІСТЬ І НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Жукова Л. Г., zhukovalg@ukr.net

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і

Державного космічного агентства України

Методи експертних оцінок, що ґрунтуються на знаннях фахівців та накопиченому ними досвіді при проведенні науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, є важливим інструментом визначення загальних тенденцій розвитку, параметрів та технічного рівня складних технічних систем [1].

Як правило, метод експертних оцінок використовується щодо об'єктів і проблем, аналіз розвитку яких або повністю, або частково не піддається формалізації, тобто, для якого важко розробити адекватну модель. Основними факторами при проведенні експертних оцінок, що визначають надійність і точність оцінки, є підбір експертів та їх компетентність.

Основні способи проведення оцінки кваліфікації експертів базуються на проведенні спеціальних організаційних заходів [2]:

– тестування експертів (застосовується рідко, тому що його застосування нашкоджується на неприйняття з боку претендентів, що загострюється питанням етичної правомірності тестування експерта);

– документаційний метод, який є більш лояльним, що дозволяє оцінювати рівень компетентності експерта за об'єктивними документаційними даними: кількості публікацій та посилань на роботи експерта, наукового ступеня та звання, посади, стажу тощо. Слабким місцем документаційного підходу є необхідність побудови моделі компетентності експерта, яка дозволяє за комплексом документованих характеристик сформулювати інтегральний показник ступеня компетенції;

– само- та взаємооцінювання компетентності експертів. Використовуються досить часто в різних модифікаціях, зводяться до отримання бальних оцінок рівня компетентності кожного з експертів, що виставляються ним самим та його колегами, з подальшою обробкою цієї сукупності оцінок за спеціально розробленими методиками; отримані результати можуть виявитися дуже суб'єктивними.

Розроблено програму оцінки технічного рівня складних технічних систем за участю експертів та програму (на мові Делфі) «Оцінювання компетенції експертів під час проведення колективної (групової) експертизи», які можуть бути використані в космічній галузі.

Оцінку компетентності експертів можна провести за одним із двох методів, в яких:

– враховуються фактори: спеціалізація експерта, стаж та досвід його роботи у цій галузі, наукова кваліфікація, наявність наукових праць з проблематики проведення експертизи. Для виявлення пріоритету чинників щодо компетентності експертів використовується метод аналізу ієрархій. Необхідна кількість експертів щодо експертизи об'єктів визначається з урахуванням застосування статистичного аналізу;

– враховуються фактори, що впливають на компетентність експерта, такі як досвід роботи, кількість успішно проведених експертиз, якість виконання тестового завдання, відповідність освіти, оцінка експерта робочою групою. Метод відрізняється перевагою перед методом аналізу ієрархій, що виражається у швидкості та простоті розрахунку.

Бібліографічні посилання

1. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: Монографія. – К.: ТОВ "Маклаут", 2008. – 444 с.
2. Самохвалов Ю.Я., Науменко Е.М. Экспертное оценивание. Методический аспект. – К.: Наукова думка, 2007. – 265 с.

ПРО ОДНУ ПРОЦЕДУРУ ГЕНЕРАЦІЇ АГРЕГАТНИХ ε -СУБГРАДІЄНТІВ

Журбенко М.Г., zhurnick@gmail.com

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

В останні часи були розроблені варіанти алгоритмів негладкої оптимізації на основі використання ε -субградієнтів. Основна мета при цьому полягала у розробці алгоритму з порівнянною з g -алгоритмом ефективністю та з теоретично обґрунтованою його трудомісткістю для вирішення задач оптимізації для опуклих функцій. Ці алгоритми ґрунтуються на суттєвому використанні агрегатних ε -субградієнтів.

У доповіді будуть наведені визначення ε -субградієнтів, що використовуються, агрегатних ε -субградієнтів їх властивості. Буде наведено нову процедуру генерації агрегатних ε -субградієнтів. Вона заснована на одновимірних спусках з поточної точки по анти напрямку агрегатного ε -субградієнта. Така процедура визначає вибір крокового множника при переході в нову точку на ітераціях алгоритму.

Запропонована схема побудови агрегатних ε -субградієнтів може використовуватися для вирішення задач великої розмірності. Зокрема, цю процедуру можна використовувати для модифікацій субградієнтного алгоритму Поляка з апіорно відомим значенням функції у точці розв'язання задачі.

Для задач великої розмірності процедура генерації агрегатних ε -субградієнтів містить параметр m - максимальна кількість субградієнтів, що використовуються на ітераціях алгоритму. Цей параметр вибирається на основі розміру простору змінних та доступного обсягу пам'яті комп'ютера.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ В КОНТАКТНИХ ЗАДАЧАХ

Жушман В.В., *zhushmanvlad@gmail.com*, **Зайцева Т.А.**, *ztan2004@ukr.net*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Задачі контактної взаємодії потребують особливої уваги з боку науковців. Важливість коректної ідентифікації форм контактних зон і визначення напружено-деформівного стану тіл-контактерів має непересічне значення щодо підвищення безпеки і довговічності експлуатації конструкцій. У якості методу розв'язання таких задач пропонується застосування експертної системи, що надає можливість ефективної обробки і аналізу даних у автоматизованому режимі. Авторами була розроблена експертна система для розв'язання контактної задачі ідентифікації форми поперечного перерізу штампа для системи штамп-пружний півпростір, що надало можливість ідентифікувати форму штампу за наведеними даними щодо напружень та переміщень. Створена експертна система стала «ядром» для розробляємої інтелектуальної системи, що здатна розпізнавати різні форми зон контакту, використовуючи попередні розв'язки вирішених задач та автоматично навчатися. Інтелектуальна система має можливість самостійно формувати нові гіпотези щодо форм та розмірів контактних зон і може інтегрувати ці знання в майбутні прогнози. Таким чином, використання інтелектуальної системи для розв'язання контактних задач взаємодії пружних тіл буде сприяти покращенню визначення контактних зон, що забезпечить підвищення якості аналізу напружено-деформівного стану для тіл-контактерів.

У якості прикладів було розглянуто задачі контактної взаємодії однозв'язних циліндричних штампів різної форми, що діють на однорідний, ізотропний пружний півпростір.

МАТЕМАТИЧНА ЗАДАЧА КЕРУВАННЯ ГАРАНТОВАНОЇ ТОЧНОСТІ ПРИ НЕВИЗНАЧЕНИХ ЗБУРЕННЯХ

Загірська І.О., Збруцький О.В., Міщук А.С., Осокін В.С.

zbrutsky07@gmail.com

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Питанню гарантування точності керування присвячені багато досліджень. При цьому в них здебільшого використовують наближені моделі збурень. Набув розповсюдження для розв'язання цієї задачі метод зворотної динамічної моделі. Але існуючі проблеми зумовлюють продовження досліджень. В [1] запропонований метод розширеної зворотної динамічної моделі та показана можливість гарантування точності керування, не використовуючи інформацію про збурення. В [2] розглянута можливість узагальнення задачі керування гарантованої точності при застосуванні розширеної зворотної динамічної моделі. Проте питання математичної формалізації для можливості аналітичного аналізу та синтезу залишається відкритим.

Запропоновано застосування K -кратної зворотної динамічної моделі, чи K -кратного регулятора зворотного зв'язку для досягнення гарантованої точності керування в умовах довільних невизначених зовнішніх збурень. Відсутність математичного апарату аналізу таких систем зумовило використання для дослідження їх властивостей та характеристик лише методів числового моделювання. Наводяться результати числового моделювання керування гарантованої точності в одновимірних та багатовимірних системах. Вибір функції керування здійснювався евристично і не може претендувати на всеосяжність та достатність. В той же час використані її форми у вигляді алгебраїчного полінома, диференціального оператора, показникової функції, адаптивної нейромережі при довільних детермінованих та випадкових збуреннях підтверджують ефективність методу синтезу.

Проводиться узагальнення підходу керування гарантованої точності застосуванням K -кратної зворотної динамічної моделі та K -кратного регулятора зворотного зв'язку, що зробило можливим сформулювати узагальнену математичну модель керування в таких системах. Показано, що утворену структуру керування гарантованої точності можна розглядати як нову математичну структуру – алгебро-диференціальне рівняння, чи систему таких рівнянь. Подібні структури рівнянь в математичній літературі відсутні. Важливість для практичного застосування керування гарантованої точності в умовах невизначених збурень зумовлює актуальність пошуку та розробки математичного апарату побудови аналітичних розв'язків таких рівнянь.

Таким чином, запропонований метод K -кратної зворотної динамічної моделі для керування гарантованої точності при невизначених зовнішніх збуреннях зведений до нової математичної структури - алгебро-диференціальних рівнянь, яка потребує розробки методів її розв'язання. Важливою властивістю запропонованого методу є те, що алгоритм компенсації збурень не порушує наявні, чи попередньо синтезовані характеристики якості системи керування.

Бібліографічні посилання

1. Zbrutskyi O., Zagirska I., Stetsenko T. Algorithm of control systems required accuracy providing under the undetermined external disturbances // Automatics – 2011. - Lviv. - Ukraine.
2. Збруцький О.В., Міщук А.С. Адаптивний алгоритм керування з заданою точністю при невизначених зовнішніх збуреннях // Інформаційні системи, механіка та керування.-№.-2014.-С.15-22. DOI:10.20535/2219-380410201442515
3. Zbrutskyi O., Osokin V., Min Z. Mathematical model of the automatic control system in the problem of guaranteed accuracy// Mechanics of gyroscopic systems.- No.42.- 2021.- p.34-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-3804192018169621>.

РОЗРОБЛЕННЯ ГІБРИДНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ІМПУТУВАННЯ ПРОПУСКІВ У ДАНИХ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЇ ТА ЕНТРОПІЙНОГО ПІДХОДІВ

Земляний О.Д. *zemlyanoy.aleksey@gmail.com*, **Байбуз О.Г.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Нами було розроблено декілька методів імпутування пропусків у даних: на основі методів класифікації та регресії (UnifiedClassRegrImputer), тільки на основі регресії (RegrImputer), з ентропійним підходом (EntropyImputer), на основі виявленого кореляційного зв'язку (CorrelationImputer). Проведено декілька типів тестів, які перевіряють якість імпутування, швидкість виконання, обчислюють ентропію та оцінюють вплив імпутування на якість моделей класифікації чи прогнозування.

Всі моделі виявили гарні показники щодо покращення моделей класифікації та прогнозування, але щодо тесту перевірки якості імпутування метод на основі ентропійного підходу значно програвав іншим методам, хоча і значно знижував умовну ентропію показників. Аналіз слабких місць цього методу дозволив зробити припущення, що втрата якості відбувається під час імпутування кількісних ознак. Тому було запропоновано розробити гібридний метод HybridRegrEntropyImputer, який поєднує регресійний та ентропійний підходи.

Згідно з ідеєю цього імп'ютера кількісні показники імпутуються за допомогою `RegrImputer`, а якісні – за допомогою `EntropyImputer`. Запропонований підхід дозволив покращити показники якості імпутування та значно скоротити час обчислень, що ставить цей імп'ютер поруч з іншими розробленими методами за всіма розглянутими показниками.

На основі запропонованого алгоритму розроблено клас `HybridRegrEntropyImputer` на мові програмування Python згідно архітектурі бібліотеки `Scikit-learn`.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ВІЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ОБСЯГУ ТРЕНУВАЛЬНОЇ ВИБІРКИ

Каманцев А.С., *kamantsev_a@365.dnu.edu.ua*,

Гарт Л.Л., *hart_l@365.dnu.edu.ua*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Виявлення об'єктів — це завдання комп'ютерного зору, метою якого є виявлення та визначення місцезнаходження цільових об'єктів на зображенні чи відео.

Завдання передбачає визначення положення та меж об'єктів на зображенні а також їх класифікацію за різними категоріями.

У розвитку моделей виявлення об'єктів історично можна виділити такі етапи розвитку [1]:

- 1) Традиційні моделі виявлення об'єктів. До моделей даного типу відносяться: Viola Jones Detector, HOG Detector, Deformable Part-based Model (DPM) та інші.
- 2) Двоступеневі моделі виявлення об'єктів. До моделей даного типу відносяться: RCNN, SPPNet, Fast RCNN, Faster RCNN, Mask RCNN, Feature Pyramid Networks (FPN), G-RCNN та інші.
- 3) Одноступеневі моделі виявлення об'єктів на основі CNN. До одноступеневих моделей виявлення об'єктів відносяться: YOLO v1-v8, SSD, RetinaNet, RefineDet, CornerNet, CenterNet, DETR та інші.

Вибір моделі для вирішення реальних завдань, що пов'язані із виявленням об'єктів, потребує інформації не лише про їх точність та швидкість роботи, а й про обсяг даних, який є необхідним для досягнення задовільних результатів тією чи іншою моделлю. Тому, у роботі пропонується розглянути деякі моделі виявлення об'єктів, що мають різну швидкість роботи, і порівняти їх точність в залежності від обсягу тренувальної вибірки.

Для експерименту було обрано наступні моделі: YOLOv8-m, DAMO-YOLO-Ns, DAMO YOLO-Nm. Експерименти проводились на трьох відкритих наборах даних: Hard Hat Workers Dataset, Playing Cards Dataset, BDD100K.

Для порівняння точності моделей використовувались метрики *mean average precision (mAP)* та *mean average recall (mAR)* [2]. У якості міри швидкості роботи моделей використовувалась метрика *floating point operations (FLOP)*.

Результати експериментів показали, що для невеликої за обсягом тренувальної вибірки усі розглянуті моделі показують практично еквівалентні результати за точністю, проте для великої кількості даних найкращі результати демонструє найбільша модель YOLOv8-m. Отже, хоч якість результатів за точністю більших моделей на невеликих вибірках є еквівалентною результатам менших моделей, їх використання на таких даних не є раціональним з точки зору витрат ресурсів; але для великих за обсягом вибірок даних використання великих моделей є виправданим і, оскільки дає кращі за точністю результати.

Бібліографічні посилання

1. Object Detection in 20 Years: A Survey / Z. Zhengxia [et al.]. Proceedings of the IEEE. 2023. V. 111, №3. P. 257-276. DOI: 10.1109/JPROC.2023.3238524.
2. A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit / R. Padilla [et al.]. Electronics. 2021. V. 10, № 3. P. 279. DOI: 10.3390/electronics10030279.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ РУХОМ БЮДЖЕТНИХ КОШТІВ РИНКУ ПРАЦІ

Карпець Е.П., *eleonora.karpets@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

В умовах війни перед ринком праці України виникли надзвичайні виклики: втрата кваліфікованих кадрів унаслідок міграції та мобілізації на фоні підвищення рівня безробіття. Це ознаки загострення структурного безробіття в країні, що потребують оптимізації розподілу наявних фінансових надходжень до Фонду загальнообов'язкового державного соціального страхування на випадок безробіття (далі - Фонду). Як один з можливих варіантів нами використано підхід з позицій імовірно-автоматного моделювання, розробленого в Інституті кібернетики НАН України.

Метою дослідження є досягнення оптимального співвідношення між обмеженим надходженням коштів на певні першочергові заходи щодо політики на ринку праці та збільшенням витрат в разі підвищення соціально-демографічного навантаження в умовах війни. Для визначення досліджуваних процесів як механізму переходу системи з одного стану в інший, імітуємо рух фінансових коштів за допомогою таких елементів моделювання, як системи імовірнісних автоматів.

Під імовірнісним автоматом розуміють дискретний ініціальний імовірнісний автомат Мура з детермінованими виходами, тобто деякий об'єкт, що має імовірнісну природу, наділений певним внутрішнім станом та спроможний сприймати вхідний сигнал і видавати вихідний. Для побудови досить складної моделі задають систему імовірнісних автоматів, об'єднання яких відбувається через ототожнення вихідних сигналів одних автоматів з вхідними сигналами інших.

Щоб задати модель системи, введемо такі значення: наявні фінансові надходження $a_i(t)$ та відповідні потреби ринку праці у коштах $b_i(t)$;

можливі зміни обсягу надходження фінансування $d_i(t;t+1)$ та потреби ринку праці у коштах $c_i(t;t+1)$. При цьому враховувано показник режиму надходження фінансових коштів на відповідні заходи політики на ринку праці $f(t)$ в момент часу t (тобто $f(t)=0$ –профіцит та $f(t)=1$ -дефіцит).

Значення випадкових величин $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$, $d_i(t)$, $f(t)$, є внутрішнім станом автоматів відповідно А, В, С, D, F. В даному випадку ми визначили внутрішній стан 13 автоматів (Е, R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, S₀, S₁, S₂, S₃, S₄, Т), які становлять вихідні дані моделі та її індикатори й проведено імітаційний експеримент на базі Бородянського районного центру зайнятості, що довів ефективність використання запропонованої методики (рис. 1).

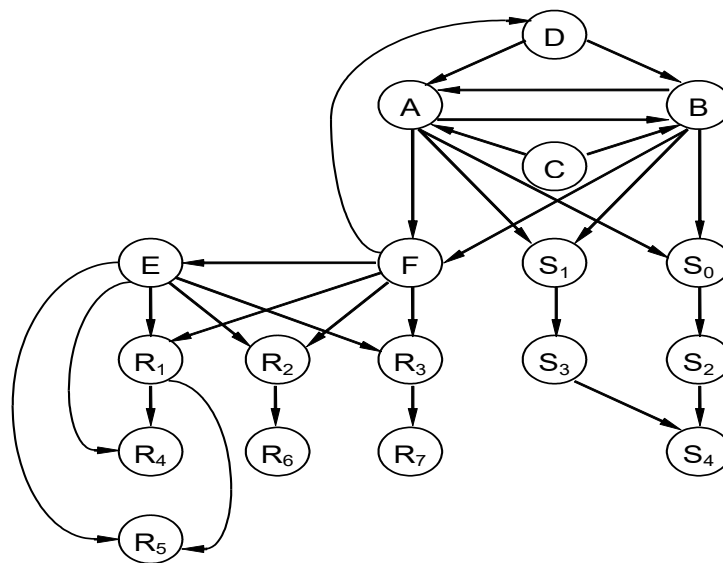


Рис. 1. Граф міжавтоматних зв'язків системи керування бюджетними коштами на першочергові заходи політики на ринку праці

АГЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВІТРЯНОГО БОЮ ДРОНІВ ЗА УЧАСТЮ ГРУП З ОБОХ СТОРІН

Касім А.М., *aneesa.qasem@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Актуальність дослідження полягає у стрімкому розвитку технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та їхнього використання в сучасних бойових діях. Зокрема, зростає інтерес до вивчення взаємодії груп дронів в умовах повітряного бою. Оскільки такі бої характеризуються високою динамічністю, невизначеністю та складною координацією, важливим завданням є розробка ефективних моделей для оптимізації стратегії взаємодії дронів у реальному часі.

Мета дослідження полягає у розробці моделі повітряного бою між групами дронів, яка дозволить досліджувати різні стратегії управління, маневрування та координації дій груп дронів з обох сторін.

Методологія. Для моделювання використано підхід мультиагентних систем, де кожен дрон являє собою окремого автономного агента з можливістю ухвалення рішень. Використання алгоритмів онтологічного аналізу [1] дозволяє дронам адаптивно обирати стратегії на основі поточного стану бою та інформації від сенсорів. Моделі також враховують мережеві обмеження комунікації та час на виконання команд.

Результати. Агентна модель – це підхід до моделювання, в якому система складається з незалежних агентів, кожен з яких має свої цілі, стратегії та можливості прийняття рішень. У контексті повітряного бою дронів, кожен дрон виступає як агент, здатний приймати автономні рішення про свій рух, атаку, ухилення та співпрацю з іншими дронами в групі. Основна ідея створення агентної моделі для моделювання автономної поведінки кожного дрона в групі полягає у тому, щоб кожен дрон діяв як окремий агент, приймаючи рішення на основі локальних умов, задач, взаємодії з іншими дронами та ворожими об'єктами.

Основні компоненти агентної моделі дрона.

1. Властивості агента-дрона – кожен дрон має набір властивостей, які визначають його стан: координати (позиція на полі бою) [2]; швидкість та напрямок руху (вектор швидкості); енергетичний ресурс (енергія, необхідна для виконання маневрів і атак); боезапас (кількість доступних снарядів або зброї); поле зору або зона дії сенсорів (радіус, в межах якого дрон може виявляти об'єкти); алгоритм ухилення (логіка для ухилення від ворожих снарядів або дронів).

2. Поведінкові алгоритми дрона – автономна поведінка дрона в бою визначається набором правил та алгоритмів, серед яких:

- аналіз сенсорної інформації – дрон сканує навколишній простір, отримує інформацію про місцезнаходження ворожих дронів, снарядів та дронів-союзників;

- прийняття рішення – якщо ворог в зоні атаки, дрон вирішує, чи атакувати його; якщо дрон під загрозою атаки, він вирішує, чи варто ухилитися або застосувати контратаку; якщо союзник потребує допомоги, дрон може вирішити змінити свою стратегію та надати підтримку;

- маневри ухилення – коли дрон перебуває під загрозою атаки, він використовує алгоритми ухилення для мінімізації пошкоджень (шляхом зміни курсу або швидкості);

- групові маневри – залежно від стратегії, дрон може координувати свої дії з іншими агентами (через виконання спільних атак або створення оборонних формацій [3]).

Висновок. Моделювання динаміки взаємодії дронів за допомогою агентних моделей дозволяє створити складну та ефективну симуляцію повітряного бою за участю груп з обох сторін. Використання автономних агентів забезпечує гнучкість у поведінці дронів, а також дозволяє моделювати різноманітні стратегії, тактики та сценарії бою.

ПРО НАЙПРОСТІШУ ДИНАМІЧНУ ЗАДАЧУ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ МНОЖИН

Кісельова О.М., Гарт Л.Л., Кузенков О.О., Закутній Д.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Задачі оптимального розбиття множин (ОРМ) мають важливе практичне значення у таких сферах, як логістика, комунікації та управління ресурсами, де необхідно ефективно розподіляти об'єкти чи ресурси. Методи ОРМ, запропоновані у роботі[1], переважно зосереджені на статичних підходах, які не враховують змін попиту та витрат у часі. Втім, реальні процеси часто характеризуються динамікою, де ці параметри змінюються під впливом зовнішніх умов та керуючих дій.

Динамічні задачі оптимального розбиття множин [2] передбачають інтеграцію методів ОРМ із підходами теорії оптимального керування задля врахування параметрів, що можуть змінюватися у часі під впливом зовнішніх умов та управлінських рішень. Математична модель найпростішої динамічної задачі ОРМ має вигляд:

$$I(\bar{\omega}, u(\cdot, \cdot), \rho(\cdot, \cdot)) \rightarrow \min_{\bar{\omega} \in \Sigma_{\Omega}^N; u(\cdot, \cdot), \rho(\cdot, \cdot) \in L_2(\Omega \times [0, T])},$$

де

$$I(\bar{\omega}, u(\cdot, \cdot), \rho(\cdot, \cdot)) = \beta_0 \int_0^T \sum_{i=1}^N \int_{\Omega} (c(x, \tau_i, t) + a_i) \rho(x, t) dx dt + \beta_1 \int_0^T \int_{\Omega} u^2(x, t) dx dt,$$

за наявності умов

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}(x, t) = u(x, t), \quad 0 \leq t \leq T; \quad \rho(x, 0) = \rho_0(x), \text{ м.в. для } x \in \Omega.$$

Тут Ω – обмежена, вимірنا за Лебегом множина з E_n ; Σ_{Ω}^N – клас всіх можливих розбиттів множини Ω на задану кількість N вимірних за Лебегом підмножин:

$$\Sigma_{\Omega}^N = \left\{ \bar{\omega} = (\Omega_1, \dots, \Omega_N) : \bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, \text{ mes}(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, i \neq j, i, j = \overline{1, N} \right\};$$

$T > 0$ – заданий кінцевий момент часу; $\beta_0, \beta_1 \geq 0$, $\beta_0^2 + \beta_1^2 \neq 0$ – задані коефіцієнти, які визначають пріоритет доданків у функціоналі та містять величини, що роблять доданки безрозмірними; функція $c(x, \tau_i, t)$ дійсна, обмежена, визначена на $\Omega \times \Omega \times [0, T]$, вимірна за x і t при довільному фіксованому $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \dots, \tau_i^{(n)}) \in \Omega$, $i = \overline{1, N}$; a_i , $i = \overline{1, N}$ – задані, як правило, невід’ємні числа; $\rho_0(x)$ – задана невід’ємна функція, визначена на множині Ω ; $u(x, t) \in L_2(\Omega \times [0, T])$ – шукана функція, що задає керуючий вплив; $\rho(x, t)$ – шукана функція на $\Omega \times [0, T]$ (фазова траєкторія, що відповідає обраному керуванню $u(x, t)$), неперервна за змінною t м.в. для $x \in \Omega$ та вимірна й обмежена за x для будь-якого $t \in [0, T]$. Точки $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \dots, \tau_i^{(n)}) \in \Omega$, $i = \overline{1, N}$, називаються «центрами» відповідних підмножин та вважаються заданими.

Згідно з методологією, запропонованою в [2], наведена нескінченновимірна оптимізаційна задача зводиться до задачі відшукування характеристичних функцій підмножин $\Omega_1, \dots, \Omega_N$, а оптимальне керування $u(x, t)$ та відповідна фазова траєкторія $\rho(x, t)$ визначаються за допомогою принципу максимуму Понтрягіна. Подальші дослідження передбачають розробку програмного забезпечення для реалізації алгоритмів чисельного розв'язання під-задач, що виникають під час дискретизації вихідної моделі.

Бібліографічні посилання

1. Киселева Е. М., Шор Н. З. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения: Монография. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.
2. Кісельова О.М. Становлення та розвиток теорії оптимального розбиття множин. Теоретичні і практичні застосування: монографія. Дніпро: Ліра, 2018. 532 с.

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ МНОЖИНИ НА НЕЧІТКІ ПІДМНОЖИНИ З РОЗМІЩЕННЯМ ЇХ ЦЕНТРІВ

Кісельова О.М.¹, Притоманова О.М.², Лебедєв Д.¹,
mstr.danila@gmail.com

¹*Oles Honchar Dnipro National University*

²*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

Пропонується метод оптимального розбиття множин із n -вимірною евклідовою простору на нечіткі підмножини з розміщенням центрів підмножин, який базується на синтезі методів теорії оптимального розбиття множин, що є новим розділом нескінченновимірною математичного програмування з булевими змінними, і теорії нечітких множин.

Нечітка неперервна задача оптимального розбиття чіткої множини на її нечіткі підмножини формалізується за рахунок введення до цільового функціоналу задачі функцій належності нечітких підмножин. Доведено теорему, яка визначає вид оптимального розв'язку відповідної нечіткої задачі оптимального розбиття множини з n -вимірною евклідовою простору на нечіткі підмножини з розміщенням центрів підмножин. Розроблено алгоритм розв'язання нечіткої задачі, який базується на доведеній теоремі та одному з варіантів методу недиференційовної оптимізації r -алгоритму Шора. За результатами числових експериментів для тестових прикладів можна виділити такі відмінності між задачами чіткого та нечіткого оптимальних розбиттів чіткої множини:

1) метод побудови оптимального розв'язку в нечіткому варіанті задачі розпадається на дві гілки пошуку: пошук чіткого розв'язку і пошук нечіткого розв'язку, що додатково вимагає побудови умови стосовно того, яка гілка потрібна в даній ситуації для даної точки.

2) нечітка задача має додаткову підзадачу віднесення (ідентифікації) точок множини відносно нечітких підмножин після того, як отримано оптимальний розв'язок поставленої нечіткої задачі. Ця процедура виділяє області підмножин (точки цих областей напевне віднесено до даної підмножини) і область нечіткої межі.

СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ З ВТРАТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СТОХАСТИЧНОГО КВАНТУВАННЯ

Козирєв А.Ю., Норкін В.І. *anton.kozyriev99@gmail.com*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»*

У доповіді розглядається алгоритм Стохастичного Квантування (SQ) як альтернативний масштабований метод для розв'язання задач навчання без учителя, а також досліджується порівняння з класичними алгоритмами векторного квантування (кластеризації), а саме K-Means та його похідний варіант K-Means++. Алгоритми квантування є фундаментальними методами кодування інформації, які дозволяють отримати компактне представлення вхідних даних. Застосування алгоритмів охоплюють різноманітні сфери як транспортні задачі [1], класифікація текстових документів та стиснення даних [2]. Класичні алгоритми кластеризації мають недолік неефективного використання пам'яті, потребуючи завантаження усіх елементів з вибірки даних, що робить їх непрактичними для великих даних. Незважаючи на існування модифікацій як Mini-Batch K-Means, що частково вирішують проблему неефективного використання пам'яті, вони не мають надійних теоретичних гарантій збіжності, оскільки їх цільова функція є зазвичай негладкою неопуклою, та покладаються в основному на методи ініціалізації (seeding).

Алгоритм Стохастичного Квантування переформулює задачу кластеризації як стохастичну транспортну задачу [1], мінімізуючи відстань між елементами вхідного розподілу та атомами закодованого дискретного розподілу. Теорія стохастичної оптимізації надає специфічні умови для локальної збіжності алгоритму, на відміну від класичних методів кластеризації. В доповіді також представлено вдосконалені модифікації Стохастичного Квантування, що включають градієнтні методи оптимізації з прискоренням та адаптивним кроком швидкості збіжності.

Алгоритм було застосовано на математичній моделі квантування кольору [3] для демонстрації збіжності та ефективності. Дану модель оптимізації можна інтерпретувати як задачу кластеризації, де метою є знаходження оптимальної обмеженої палітри кольорів та зіставлення кожного пікселя зображення з відповідним оптимальним кольором, зберігаючи роздільну здатність зображення при значному зменшенні даних на цифровому пристрої. Розглянутий алгоритм [1] вводить стохастичне наближення до моделі, інтерпретуючи її як тривимірну стохастичну транспортну задачу між множиною пікселів зображення та оптимальною палітрою, де кількість кольорів є насамперед визначеним гіперпараметром. Робота алгоритму проілюстрована на стисненні чорно-білих та кольорових зображень.

Бібліографічні посилання

1. Kozyriev A., Norkin V. Lossy image compression with stochastic quantization. *Cybernetics and Computer Technologies*. 2024, № 3. P.60-66. <https://doi.org/10.34229/2707-451X.24.3.6>
2. Wan X. Application of k-means algorithm in image compression. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. **563** (5). 052042. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/563/5/052042>
3. Orchard M.T., Bouman C.A. Color quantization of images. *IEEE Transactions on Signal Processing*. 1991. **39** (12). P. 2677–2690. <https://doi.org/10.1109/78.107417>

ЕЛЕКТРИЧНО ПРОНИКНА ТРІЩИНА В БІМАТЕРІАЛЬНОМУ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОМУ КВАЗІКРИСТАЛІ

Комаров О.В., *avikomarov@gmail.com*,

Скрипченко В.С., *vova2000sk@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В даній роботі розглянуто плоску задачу для електрично проникної тріщини в біматеріалі, що складається з двох напівнескінчених одновимірних п'єзоелектричних квазікристалів, жорстко з'єднаних разом. Напрямок поляризації збігається з квазіперіодичним напрямком матеріалів і ортогональний межі їх поділу. Рівномірно розподілені фононні нормальні та зсувні напруження в площині, а також фазонні напруження та електричні зміщення прикладені на нескінченності. Отримано матрично-векторні представлення для фононних і фазонних напружень, електричного зміщення та для похідних фононних і фазонних зміщень і стрибків електричних потенціалів через кусково-голоморфну вектор-функцію. Використовуючи ці співвідношення та задовольняючи умови на берегах тріщин, сформульовані та точно розв'язані задачі лінійного спряження. Чисельний аналіз виконано для двох різних одновимірних п'єзоелектричних квазікристалів, за даними якого зроблені наступні висновки: на відміну від тріщини в однорідному квазікристалі, кожен окремий ненульовий компонент зовнішніх фононних напружень обумовлює ненульове значення всіх коефіцієнтів інтенсивності напружень, кожна складова фононних напружень викликає фазонні напруження і стрибок переміщень.

Бібліографічні посилання

1. Fan T.Y., Mai Y.W.: Elasticity theory, fracture mechanics and some relevant thermal properties of quasicrystal materials. Appl. Mech. Rev. 57, 325–344 (2004)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЯК ІНСТРУМЕНТ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОГО ПІЗНАННЯ

Костра В.В., *v.kostr@gmail.com*

Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ

Взаємодія дослідника та комп'ютера – потужний інструмент, що дозволяє осмислити та пов'язати воедино процеси регуляції на клітинному та молекулярних рівнях з процесами регуляції цілого організму і на цій підставі створити нові уявлення про патофізіологічні механізми запалення, інфекції, інтоксикації та ін. Непараметричний підхід наводить про різні фізіологічні процеси та їх відносини між собою одноманітним чином у вигляді матриць з інформаційної точки зору подібних до матриць бінарних відносин клініко-лабораторних даних. Динаміка фізіологічного процесу (процесів) за такого підходу описується – станами і матрицями першого і другого порядків.

Ефективне використання знань вимагає, щоб знання відповідним чином були структуровані та представлені у комп'ютерних об'єктах. Об'єкти можуть бути рознесені за трьома різними рівнями: високий рівень – база цілей, наступний рівень – база завдань; на найнижчому рівні зберігаються вирішальні правила, розроблені в процесі людино-комп'ютерної взаємодії для вирішення завдань, що цікавлять користувача – інтервальні та бінарні (матричні) структури замість стратегії розпізнавання. Найбільш перспективний напрямок алгоритмічного формування бази знань пов'язаний із взаємодією між емпіричними даними, цілями та завданнями користувача (семантична інформація) та парами: інтервальними та бінарними структурами разом зі статистичними значеннями розпізнавання образів (прагматична інформація).

До глибоких результатів призводить непараметричний підхід, коли відмовляються від аналізу самих значень характеристик поодиноких коливань та обмежуються аналізом особливостей динаміки їх зростання та спадання.

ГІБРИДНИЙ КОРПОРАТИВНИЙ ІІІ В УМОВАХ КРИЗИ**Краснюк М.Т., e-mailkrasnyuk@kneu.edu.ua***Київський Національний Університет ім. Вадима Гетьмана***Науменко М.А., e-mailmaxim.naumenko@ukr.net***Національний Університет Харчових Технологій*

Гібридний штучний інтелект (ГШІ) — це підхід, що поєднує різні методи та технології штучного інтелекту (ШІ) для створення більш таргетованих, крім того, одночасно робастих та гнучких/адаптивних систем підтримки прийняття рішень на тактичному та стратегічному рівнях менеджменту.

Основна концепція ГШІ полягає в поєднанні можливостей класичного машинного навчання, shallow та deep нейронних мереж, традиційних та інноваційних (еволюційних та/або метаєвристичних) алгоритмів математичного програмування, технологій та методів м'яких обчислень - для досягнення вищої точності, повноти, а отже і сталості/стабільності результатів дескриптивного, предикативного та прескриптивного моделювання.

Іншими словами, ГШІ автоматизує завдання/задачі, які складно чи неможливо ефективно (якісно та оперативно) вирішувати з використанням лише однієї інтелектуальної технології, тобто ГШІ може бути застосований у більшості галузей та секторів економіки, особливо у складних, нестабільних, кризових етапах/ситуаціях/станах.

Крім того, автори зазначають, що ГШІ доцільно використовувати в тих індустріях, компаніях/організаціях, проектах, які характеризуються: міждисциплінарністю; складним експертним досвідом; багатокритеріальними цільовими функціями; стохастичними та, навіть, динамічними умовами/атрибутами; розрідженістю вхідних даних або, навпаки, потребують скорочення розмірності вхідних векторів

ознак;одночасно різними типами невизначеності (ймовірності та нечіткості).

В умовах кризи використання гібридних корпоративних моделей на основі ІІІ стає особливо актуальним. Такі моделі дозволяють компаніям/корпораціямсистемно підвищувати ефективність процесів, тотальноскорочувати витрати і швидко адаптуватися до комплексу умов, що змінюються. Отже, наведемо результати дослідження основних переваг ГІІІ в нестабільних або, навіть, кризових умовах:

1) Покращене прийняття рішень за допомогою різноманітних даних: гібридний штучний інтелект може аналізувати різноманітні джерела даних, зокрема структуровані дані, текст і дані в реальному часі. Ця можливість дозволяє організаціям отримати уявлення про умови, що швидко змінюються, від змін у поведінці споживачів до збоїв у ланцюжках поставок.

2) Швидка адаптація до ринкових змін: у кризових ситуаціях гібридний штучний інтелект може адаптуватися до ринкових змін шляхом коригування моделей у режимі реального часу та перекалібрування стратегій на основі оновленої інформації.

3) Оптимізація витрат і управління ресурсами: Кризи часто вимагають скорочення витрат і оптимізації ресурсів; ГІІІ може аналізувати оперативні дані, щоб визначити сфери, де можна зменшити витрати, перерозподілити ресурси та оптимізувати процеси.

4) Масштабованість і гнучкість: комбінуючи різні підходи ІІІ, гібридні системи можна масштабувати та адаптувати відповідно до різних операційних потреб; під час кризи ця гнучкість дозволяє організаціям за потреби збільшувати або зменшувати ресурси, перемикатися між різними стратегіями та зосереджуватися на найнагальніших потребах без перебудови цілої інфраструктури ІІІ.

5) Управління ризиками та прогностичний аналіз: гібридний штучний інтелект може оцінювати та прогнозувати ризики, визначаючи закономірності в історичних даних і даних у реальному часі: в умовах кризи моделювання ризиків і прогностична аналітика стають важливими для пом'якшення потенційних загроз, незалежно від того, чи стосуються вони фінансової нестабільності, ризиків для здоров'я чи операційних небезпек.

Отже, ГШІ - це потужний інструмент, що поєднує найкраще з різних методів ШІ для створення більш точних та адаптивних систем. Цей підхід стає все більш популярним, оскільки він надає гнучкість та ефективність, які особливо актуальні в умовах ринків, що швидко змінюються, і технологічних вимог, які також динамічно трансформуються. ГШІ може надати організаціям потужний і адаптований набір інструментів для навігації в умовах невизначеності, прийняття рішень на основі даних і швидкого реагування на швидкі зміни.

Додатково, автори підсумовують, що саме Гібридний корпоративний ШІ допомагає компаніям/корпораціям бути стабільними/стійкими/сталими та навіть розвиватися в нестабільних, або, навіть, кризових умовах - за рахунок адаптивності, зниження витрат та поглибленої аналітики. Інтеграція таких систем робить бізнес більш гнучким та стійким, дозволяючи ефективніше долати кризові часи.

Оскільки кризи стають частішими та складнішими, здатність гібридного штучного інтелекту знаходити оптимальне поєднання адаптивності із узгодженістю, деталізації з узагальненням - додатково підвищує актуальність такого гібридного підходу як для окремих компаній/корпорацій, так і для цілих галузей/секторів економіки, але і для урядів та місцевого урядування.

Автори окремо наголошують на необхідності подальших досліджень щодо використання штучних нейронних мереж з еволюційними алгоритмами їх навчання для моделювання цільових та/або фітнес-функцій

багатокритеріальних завдань математичного програмування (за наявності великих вхідних даних).

Бібліографічні посилання

1. Гращенко І.С., Краснюк М.Т., Краснюк С.О. Гібридно-сценарне застосування інтелектуальних, орієнтованих на знання технологій, як важливий антикризовий інструмент логістичних компаній в Україні. *Вчені записки Таврійського Національного Університету імені В. І. Вернадського*. Серія: Економіка і управління. 2019. Том 30 (69). С. 121 – 129.
2. Krasnyuk, S. Goncharenko, S. Krasniuk. Intelligent technologies in hybrid corporate DSS (on the example of Ukraine oil & gas production company). *Інноваційно-інвестиційний механізм забезпечення конкурентоспроможності країни: колективна монографія / за заг. ред. О. Л. Гальцової. – Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2022. – С. 194-211.*
3. Krasnyuk, M., Hrashchenko, I., Goncharenko, S., Krasniuk, S. Hybrid application of decision trees, fuzzy logic and production rules for supporting investment decision making (on the example of an oil and gas producing company). *Access to science, business, innovation in digital economy*, ACCESS Press, 3(3): 278-291. DOI: [https://doi.org/10.46656/access.2022.3.3\(7\)](https://doi.org/10.46656/access.2022.3.3(7))
4. Краснюк М.Т. Гібридизація інтелектуальних методів аналізу бізнесових даних (режим виявлення аномалій) як складовий інструмент корпоративного аудиту. *Стан і перспективи розвитку обліково-інформаційної системи в Україні : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. [м. Тернопіль, 10-11 жовт. 2014 р.] / редкол. : З. В. Задорожний, В. А. Дерій, М. Р. Лучко [та ін.] ; гол. ред. З. В. Задорожний. - Тернопіль : ТНЕУ, 2014. - С. 211-212.*

КОМПЕНСАЦІЯ КОЛИВАНЬ МОМЕНТУ В СИНХРОННИХ ДВИГУНАХ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

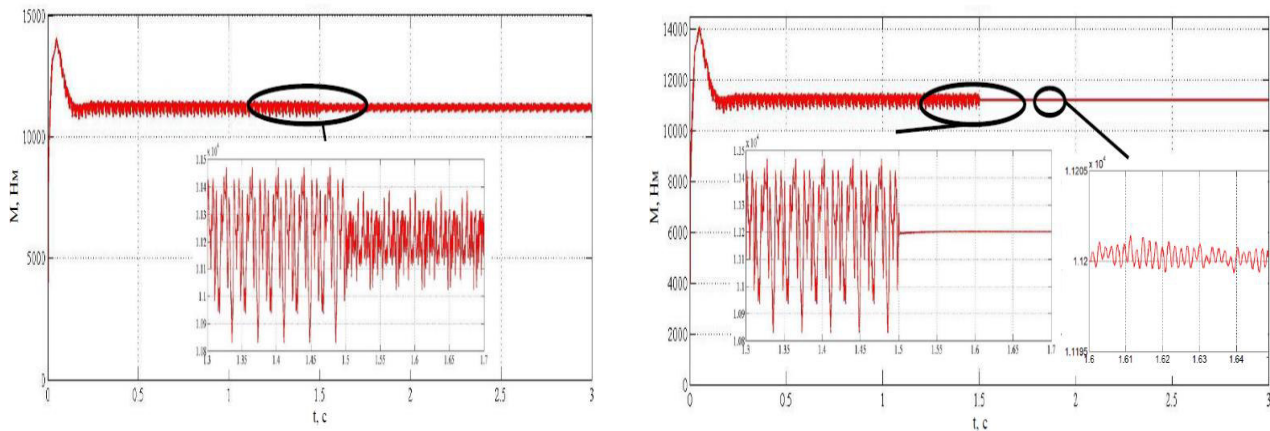
Куваєв М.В., *kuvaevnv@ukr.net* **Тарасов С.В.,** *tsv.transmag@gmail.com*

Інститут транспортних систем і технологій НАН України

Синхронні двигуни з постійними магнітами (СДПМ) можуть мати значні пульсації моменту, які обумовлюють негативний вплив на точність регулювання, призводять до появи акустичних шумів та вібрацій, що в багатьох випадках неприпустимо. Значна частина пульсацій виникає за рахунок зубцевого моменту, який створюється взаємодією магнітного поля постійних магнітів з залізом статора. Існує багато шляхів зменшення зубцевого моменту для СДПМ за рахунок конструктивних змін, таких як скіс зубців статора або постійних магнітів на роторі, вибору оптимальної комбінації числа зубців статора та полюсів ротора, удосконалення системи збудження на роторі, удосконалення конструкції статора. Ці методи призводять до підвищення вартості та складності виготовлення електродвигуна. Інший шлях – це створення такої гармонічної складової струму статора, яка б компенсувала зубцевий момент. Зубцевий момент є функцією положення ротора, яку можливо визначити експериментально, або за допомогою спеціального програмного пакету.

Для запобігання цих коливань моменту було запропоновано науково-технічне рішення, що є подальшим розвитком відомих методів. Компенсація за модифікованим методом [1], як і у випадку класичної компенсації, відбувається за допомогою сигналу струму, який додається до основного завдання на струм, має такий же самий гармонічний склад та знаходиться у протифазі до зубцевого моменту. Відмінністю запропонованого модифікованого методу є врахування частотних характеристик контуру струму: модуля та фази (аргумент). Для підтвердження переваг модифікованої компенсації порівняно з класичною було проведено моделювання роботи високомоментної СДПМ з обома

методами компенсації на номінальній швидкості 40об/хв, та номінальному моменті навантаження 11,2кНм.



Обертовий момент СДПМ з врахуванням впливу зубцевого моменту у режимі під навантаженням, де починаючи з 1.5 сек застосовується компенсація пульсацій зубцевого моменту. а) стандартний закон компенсації б) модифікований закон компенсації

Застосування модифікованої компенсації зубцевого моменту дозволяє, майже повністю компенсувати коливання моменту на відміну від класичного шляху компенсації, який дозволяє зменшити коливання майже у два рази. Тобто, запропонований модифікований метод дозволяє набагато краще компенсувати коливання моменту у всьому діапазоні робочих швидкостей ніж класичний метод компенсації.

Бібліографічні посилання

1. О. Beshta, E. Nolleund M. Kuvaiev, "Entwurfeinereinfachenundmodifizierten RastmomentkompensationfürdiepermanenterregteSynchronmaschine", *Науковий вісник Національного гірничого університету*, № 6, с. 95-100, 2016.

МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ НАПРУЖЕНИМ СТАНОМ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Кузьменко В.І., *vasilkuzmenko50@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розглядається клас задач визначення процесу зовнішнього навантаження, за якого напружений стан деформівного середовища буде задовольняти потрібні конструкторські та технологічні вимоги. Такі вимоги формулюються у вигляді системи рівностей та нерівностей. Задача сформульована як задача оптимального керування. За цільовий функціонал обрано середньоквадратичне відхилення у виконання поставлених вимог. Функціонал визначений на множині можливих напружених станів, які задовольняють рівняння рівноваги та рівняння сумісності деформацій. Для утворення припустимої множини використовується метод функцій Гріна. Задача зводиться до визначення поверхневого навантаження, за якого функціонал середньоквадратичного відхилення досягає найменшого значення. Після скінченно-різницевої апроксимації виникає задача умовної оптимізації, для розв'язання якої використано метод локальних варіацій.

Розглядаються приклади розв'язання задач визначення потрібного розподілу зовнішнього навантаження, за якого при виготовленні композитних матеріалів контактні напруження на поверхні склеювання чи дифузійного зварювання будуть оптимальними для забезпечення міцності з'єднання. Інший клас утворюють задачі визначення умов, за яких у певній області виникають пластичні деформації, що сприятиме подальшим технологічним операціям прошивання отворів у трубних заготовках. Досліджуються умови, за яких формується схема всебічного стиснення з метою блокування розвитку тріщин.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МІЖГАЛУЗЕВИХ ЗВ'ЯЗКІВ ЕКОНОМІКИ ЯПОНІЇ (2020р., 108 укрупнених продуктів)

Кулик В.В., volodymyr_kulyk@ukr.net

Державна науково-навчальна установа «Академія фінансового управління»

Становить інтерес проведення системного аналізу структури економіки та моделювання міжгалузевих зв'язків багатогалузевої економіки за апробованою і усталеною схемою. Зацікавленість у такому аналізі існує для будь-якої економіки – єдина схема аналізу уможливорює порівняння економічних систем, визначення їх якісних характеристик і прихованих резервів для розвитку тощо.

Апробована і тривалий час застосовувана в Японії схема аналізу міжгалузевих зв'язків економіки представлена в [1, сс. 189-215]. Застосування такої схеми ґрунтується на усталених галузевих класифікаціях (включаючи агреговані класифікації), особливостях підготовки даних міжгалузевого балансу, що узгоджені із класифікаціями макроекономічних показників системи національних рахунків тощо.

В Японії кожні п'ять років публікуються деталізовані міжгалузеві баланси і різна додаткова інформація до них [2]. Пізніше публікуються аналітичні звіти, які узагальнено розглядають міжгалузову економіку Японії в рамках 13-ти галузевої моделі «витрати-випуск», особливості її розвитку [3].

Наприкінці червня 2024р. з'явилась публікація 108-галузевого балансу економіки Японії за 2020р. за укрупненими групами продуктів [2]. Структурно даний баланс відповідає усталеним традиціям щодо їх підготовки.

Згідно усталеної схеми аналізу міжгалузевих зв'язків проведено аналіз міжгалузевих зв'язків економіки Японії в 2020р. в рамках 108-ми галузевої моделі «витрати-випуск». Визначено технологічну матрицю A і її спектральні характеристики, матриці Леонтьєва виду $B1 = (I - A)^{-1}$, та $B2 = (I - (I - \bar{M}) \cdot A)^{-1}$, де $\bar{M}$ – матриця імпорту. Проведено весь комплекс обчислень щодо аналізу структури промисловості, впливу зростання цін в

одній галузі на зростання цін в інших галузях, коливання змін у структурі доданої вартості (заробітна плата, непрямі податки) на випуск і кінцевий продукт, прогнозування змін у кінцевому попиті на випуск тощо.

Не зважаючи на відносно великий розмір моделі «витрати-випуск», обчислення проводилися швидко, в режимі реального часу. Розрахунки головним чином можливо перевірити на правильність, застосовуючи сумарні показники, інші специфічні методи оцінки. Для прискореної оцінки великих обсягів цифрової інформації застосовувалась кольорове виділення структур даних.

Застосування деталізованої моделі «витрати-випуск» уможливило віднаходити особливості розвитку галузей економіки Японії в 2020р. в контексті різних етапів кругообороту (попиту-пропозиції, виробленого кінцевого продукту, виробництва, утворення доходу), особливості у формуванні кінцевого продукту на різних етапах та ін.

За аналогічною схемою також може бути проаналізована деталізована модель «витрати-випуск» економіки України і виявлені її особливості.

Бібліографічні посилання

1. Математическая экономика на персональном компьютере: Пер. с яп. / М.Кубонива, М.Табата, С.Табата, Ю.Хасэбэ; Под ред.М.Кубонива; Под ред. и с предисл. Е.З.Демиденко. М.: Финансы и статистика, 1991. 304 с.
2. Input-Output Tables for Japan. 2020 Input-Output Tables. e-Stat, Portal Site of Official Statistics of Japan. URL: <https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200603&tstat=000001218140&cycle=0&class1val=0>. Дата звернення: 6 вересня 2024р.
3. Input-Output Tables for Japan. 2020 Input-Output Tables for Japan. Ministry of Internal Affairs and Communications JP]. URL : https://www.soumu.go.jp/english/dgpp_ss/data/io/index.htm. Дата звернення: 6 вересня 2024р.

ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ КОСМІЧНИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ АПАРАТАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ КОСМІЧНОЇ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

Лапханов Е. О., Палій О. С., Своробін Д. С.

ericksaavedralim@gmail.com

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і

Державного космічного агентства України

Подальша індустріалізація космосу вимагає нових інноваційних рішень, серед яких можна виділити розробку нових проєктів космічних індустріальних платформ (КІП). В свою чергу, виготовлення тієї чи іншої продукції потребує необхідної кількості енергії та ресурсів. Однак, забезпечити достатню кількість електроенергії на КІП є задачею досить проблематичною. З огляду на це, запропоновано концепцію застосування додаткових енергетичних ресурсів шляхом розробки розподіленої системи живлення КІП.

Так, в дослідженнях [1, 2] сформовано узагальнену математичну модель функціонування космічних енергетичних апаратів розподіленої системи енергоживлення космічної індустріальної платформи та проведено класифікацію технологічних процесів, що можуть бути реалізовані на КІП. З урахуванням особливостей функціонування космічних енергетичних апаратів для системи орієнтації і стабілізації виділено п'ять основних режимів роботи:

1) режим орієнтації апертури космічного енергетичного апарата-передавача на апертуру космічного апарата-приймача з метою забезпечення безконтактної передачі електроенергії. Наведення апертур приймача і передавача реалізується за рахунок зміни орієнтації космічних енергетичних апаратів [3];

- 2) режим орієнтації сонячних панелей на Сонце з метою зарядки акумуляторних систем та накопичення електроенергії;
- 3) пасивний режим очікування;
- 4) режим гасіння кутових швидкостей;
- 5) режим розвантаження кінетичного моменту двигунів-маховиків.

В перших двох режимах орієнтацію і стабілізацію планується здійснювати із застосуванням двигунів-маховиків, в третьому режимі підтримання кутового положення планується із застосуванням електромагнітів. Гасіння кутових швидкостей в четвертому режимі також реалізується із застосуванням електромагнітів.

В роботі проведено дослідження особливостей керування кутовим рухом космічних енергетичних апаратів з огляду виконання їх функціонального призначення. Запропоновано основні режими роботи системи орієнтації і стабілізації космічних енергетичних апаратів для космічних апаратів передавача і приймача. Розроблено закони керування орієнтацією і стабілізацією в наведених режимах роботи. Визначено проєктні параметри системи орієнтації і стабілізації, вибір яких впливає на якість виконання польотного завдання космічного енергетичного апарата щодо безконтактної передачі електроенергії апаратам-приймачам космічної індустріальної платформи.

Бібліографічні посилання

1. Палій О. С., Лапханов Е. О., Своробін Д. С. Модель керування рухом космічних розподілених енергетичних систем. Технічна механіка. 2022. № 4. С. 35–50.
2. Палій О. С. Класифікація технологічних процесів за їхньою реалізацією на космічній індустріальній платформі. Технічна механіка. 2022. № 2. С. 123–136.
3. Лапханов Е. О., Палій О. С., Своробін Д. С. Визначення проєктних параметрів системи керування енергетичних космічних апаратів для безконтактного живлення космічної індустріальної платформи. Технічна механіка. 2023. № 4. С. 15–30.

ОПТИМІЗАЦІЯ НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ НА ПРИСТРОЯХ З ОБМЕЖЕНИМИ РЕСУРСАМИ

Логвин Д.А., *lohvyn_d@365.dnu.edu.ua*,

Божуха Л.М., *bozhukha_l@365.dnu.edu.ua*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розвиток нейронних мереж спричинив прорив в таких задачах обробки природної мови (ОБМ), як машинний переклад, розпізнавання мови та аналіз тексту. Проте нейронні моделі потребують великий обсяг обчислювальної потужності, що ускладнює їх використання на пристроях з обмеженими ресурсами, такими як смартфони, планшети тощо. Складні нейронні моделі можуть потребувати великий обсяг обчислювальної потужності, що може бути вирішальним фактором їх використання на мобільних пристроях. Втім, є ефективні методи оптимізації нейронних моделей, які дозволяють зменшити розмір моделі та, навіть, прискорити їх.

Одними з популярних та ефективних методів оптимізації є:

- 1) **прунінг** (англ. Pruning) [1] – це техніка, в концепції якої є видалення малозначущих або зайвих параметрів моделі, що зменшує її розмір і прискорює роботу без значного негативного впливу на якість кінцевого результату;
- 2) **квантизація** (англ. Quantization) [1] – це процес зменшення точності числових параметрів (наприклад, перетворення з float32 на int8, яке зменшує розрядність числового параметру), що дозволяє суттєво зменшити розмір моделі та прискорити її виконання на менш потужних пристроях;
- 3) **дистиляція знань** (англ. Knowledge Distillation) [1] – це процес передавання знань із великої (добре навченої) моделі (teacher model) у компактнішу модель (student model); дистильована модель зберігає більшу частину продуктивності оригінальної, але використовує менше ресурсів.

Для оцінки впливу методів оптимізації було обрано дві нейронні моделі: **NLLB-200** [2] та **MarianNMT** (мовна пара English – Ukrainian) [3].

Вибір цих моделей зумовлений їх здатністю забезпечувати високоякісний переклад для різних мовних пар. Модель NLLB-200 використовувалася разом із її дистильованою версією – NLLB-200-distilled-600M [2].

Під час оцінювання було перевірено, як кожен метод оптимізації впливає на розмір моделей. Було порівняно такі підходи, як дистиляція знань з прунінгом та квантизація. Вони дали змогу суттєво знизити вимоги до обчислювальних ресурсів (таблиця 1).

Таблиця 1. Результати оптимізації нейронних моделей

Модель	Розмір моделі / Вільний об'єм RAM	Чи доцільно розгортати?
NLLB-200	~ 18 ГБ / 2 ГБ	Ні
NLLB-200-distilled-600M	~ 2.5 ГБ / 2 ГБ	Ні
NLLB-200-distilled-600M + квантизація з fp32 до int8	~ 0.9 ГБ / 2 ГБ	Можливо
MarianNMT	~ 0.43 ГБ / 2 ГБ	Так
MarianNMT + квантизація з fp32 до int8	~ 0.11 ГБ / 2 ГБ	Так

Для визначення, чи можна розгорнути моделі на мобільних пристроях, орієнтуємося на типові обмеження оперативної пам'яті мобільних пристроїв, де бюджетні та середні смартфони мають 2-4 ГБ вільної RAM пам'яті.

Бібліографічні посилання

1. Song Han, Huizi Mao, William J. Dally. “Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding”. ICLR, 2016, arXiv:1510.00149.
2. NLLB Team, “No Language Left Behind: Scaling Human-Centered Machine Translation”, 2022, arXiv:2207.04672.
3. Junczys-Dowmunt et al., “Marian: Fast Neural Machine Translation in C++”, ACL, 2018, DOI: 10.18653/v1/P18-4020.

ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИДІЛЕННЯ РЕСУРСІВ ВЛАСНИХ МІСЦЕВИХ ПЛАТФОРМ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Лозінський А.П., *lozinskyu@gmail.com*

Інститут інформаційних технологій і систем НАН України

Вступ. Принцип прозорого доступу цільового споживача до очікуваного максимально зрозумілого результату обумовив стрімке зростання популярності хмарних послуг [1]. Слід зауважити зворотну сторону прозорості підходів комерційної сфери. Приховування різноманіття рішень та складності реалізації процесів ускладнює дослідження. Далі по тексту використання терміну "власна місцева платформа хмарних обчислень" (ВМПХО) замість поширеної у популярних виданнях транслітерації з англійської мови "приватна локальна хмара" (*англ.* private local cloud) конкретизує поняття об'єкта досліджень.

Об'єктом дослідження обрано задачу створення ВМПХО, на предмет розробки інформаційної технології ефективного виділення та перерозподілу структур ресурсів. Предмет дослідження слідує з двох ключових властивостей у визначенні поняття «хмарних обчислень» – самообслуговування та еластичність ресурсів. А саме, споживач змінює обсяг споживання, а постачальник, відповідно, бере на себе ефективну реалізацію такої можливості (еластичність ресурсів – самостійна зміна споживачем кількості орендованих обчислювальних ядер, оперативної пам'яті, простору зберігання даних, мережевих з'єднань).

Постановка задачі. Сучасна технічна реалізація еластичності задіяних ресурсів виконується шляхом поєднанням трьох технологій: обчислювальних кластерів, віртуальних машин (ВМ) та програмних контейнерів. Перерозподіл ресурсів реалізує сегментація апаратних ресурсів композицією названих технологій для створення надбудови програмних елементів – ВМ та програмних контейнерів. Для розуміння внутрішньої будови та процесів ВМПХО розроблено авторську багаторівневу архітектуру [2]. Оптимальність

розміщення програмних елементів в апаратному шарі архітектури обумовлює ефективність вирішення задачі виділення ресурсів.

У рамках пошуку розв'язку даної задачі за останні десять років різними авторами вже пропонувалися алгоритми переміщень ВМ в кластері з метою зменшення кількості задіяних апаратних вузлів: генетичний, детермінований, променевого пошуку, жадібний. Однак, економію електроенергії можна досягти також відключенням незадіяного обладнання передачі даних, охолодження та живлення. Аналіз публікацій показує, що рішення оптимізації окремих факторів існують. Проте, підхід оптимізації ресурсів різних типів обладнання ЦОД для економії електроенергії, що вимагає повного розуміння будови ВМПХО, ще не запропоновано. Збільшення ефективності алгоритму оптимізації енергоспоживання досягається консолідацією задіяних структур ресурсів на віртуальному та апаратному рівнях архітектури. Рішення шляхом стандартної задачі багатомірного пакування дає можливість застосування загальновідомих математичних методів.

Висновки. Пропонується постановка задачі виділення та перерозподілу ресурсів ВМПХО. Цільова функція оптимізаційної задачі – мінімізація витрат електроенергії. Новизна розробки полягає в застосуванні до задачі загальновідомого математичного методу комбінаторної оптимізації (цілочислового програмування) на основі авторської постановки задачі.

Бібліографічні посилання

1. Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Reach Nearly \$600 Billion in 2023. – URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-10-31-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-reach-nearly-600-billion-in-2023>
2. Лозінський А.П. Синтез технологій платформ хмарних обчислень / А.П.Лозінський // УСИМ. – 2019. – №6. – Р.35-45. DOI:10.15407/csc.2019.06.035

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Магдиш В.Є., *v.magdysh@gmail.com*

Сидорова М.Г., *Sidorova.m.g@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Наразі одним із найактуальніших напрямів комп'ютерних технологій є штучний інтелект - розділ машинного навчання з величезним математичним підґрунтям. Він широко застосовується в багатьох сферах діяльності людини, зокрема, у сфері охорони здоров'я. Використовуючи складні алгоритми для обробки великої кількості даних, навчання та створення корисного результату, штучний інтелект здійснив значний прорив у галузі медицини.

Одним із ключових напрямів застосування штучного інтелекту у сфері охорони здоров'я є обробка та аналіз величезних обсягів медичних даних. Зокрема, відомості про лікарські засоби, їхню взаємодію, побічні дії й аналоги критично важливі для ефективного лікування пацієнтів. Традиційні методи зберігання та пошуку такої інформації часто виявляються неефективними через складність і обсяг даних.

Саме тому розробка інноваційної системи, яка здатна швидко обробляти велику кількість даних, зберігати їх у компактному вигляді, підтримувати актуальність та отримувати точну відповідь є метою цієї роботи. Надання результату буде здійснюватися із залученням технологій штучного інтелекту, а саме генерації тексту у зрозумілій для людини формі.

Велика мовна модель, Large Language model (LLM) - це нейронна мережа, яка має мільярди параметрів та базується на архітектурі Transformer, котра була представлена у 2017 році командою Google Brain. Модель навчена на величезних масивах текстових даних і здатна генерувати природну людську мову, використовуючи завчені семантичні

зв'язки, лінгвістичні патерни й контекстуальні залежності. Однак без додаткових засобів вона може сформувати неправильну відповідь або застосувати застарілу інформацію.

Для вирішення поставленої задачі було обрано підхід Retrieval Augmented Generation (RAG), який дозволяє розширити можливості Large Language Model (LLM) завдяки залученню зовнішніх баз знань. Розроблена система забезпечить модель лише верифікованими даними з офіційного державного реєстру лікарських засобів.

Архітектура проєкту складається з трьох основних компонентів:

- системи пошуку та аналізу відповідних документів;
- бази знань для швидкого пошуку релевантної інформації;
- генеративної моделі для аналізу й надання відповіді.

Для заповнення та підтримки бази знань був розроблений модуль, який знаходить інформацію в державному реєстрі лікарських засобів, перевіряє її відповідність і опрацьовує для отримання корисних даних.

Основою знань виступає векторна база даних, котра забезпечить ефективне зберігання та пошук семантично схожих документів у багатовимірному просторі неймовірно швидко.

На підґрунті контексту, отриманого за допомогою вищезгаданих частин проєкту, відбувається аналіз і пошук необхідних даних та генерація відповіді природною людською мовою.

Під час роботи було розроблено систему для медичної галузі з обробкою великих обсягів даних і надання точних відповідей на їхній основі. На завершальному етапі було забезпечено засоби для розгортання системи на різних серверах із залученням технології Docker.

БІЗНЕС-АНАЛІЗ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ КЛАСИЧНОЇ МУЗИКИ

Манюк С.В., sviat.maniuk@gmail.com, **Манюк М.О.,**

Мацуга О.М., Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Проведення бізнес-аналізу перед початком розробки мобільного застосунку є критично важливим, оскільки допомагає сформуванню чіткого розуміння того, яким саме має бути продукт, щоб задовольнити потреби ринку та цільової аудиторії. Ретельний аналіз на етапі планування впливає не лише на успіх самого застосунку, а й на ефективність усього процесу розробки. У роботі проведено бізнес-аналіз мобільного застосунку для вивчення класичної музики.

Однією зі складових бізнес-аналізу є огляд конкурентів, який допомагає визначити схожі продукти на ринку, їхні сильні сторони та аспекти, що потребують покращення. Це дозволяє створити унікальну пропозицію, яка виділятиме застосунок серед конкурентів, і уникнути типових помилок у функціональності.

У результаті такого аналізу додатків, присвячених класичній музиці, було виявлено, що на ринку присутня обмежена кількість подібних ігор, більшість з яких страждає від недостатньої кількості контенту та надлишку реклами.

Крім того, бізнес-аналіз дозволяє сформулювати чіткі та досяжні цілі для застосунку. У цьому процесі визначаються основні функції, які має виконувати продукт, а також конкретні задачі, які він має вирішувати для кінцевих користувачів. Це дозволяє знизити невизначеність та допомагає зосередитися на ключових аспектах розробки.

Під час процесу виявлення вимог до продукту було застосовано метод мозкового штурму, який заохочує вільно висловлювати та

записувати будь-які думки, адже кількість думок важливіше за якість. Це дозволяє виявити нестандартні та цінні рішення.

У роботі для документування ідей під час мозкового штурму використано мапу думок, яка допомогла впорядкувати думки на ранніх етапах розробки.

Варто відзначити важливість якісного документування вимог, яке слугує основою для подальшої реалізації проєкту та забезпечує чітке розуміння цих вимог усіма учасниками команди. Тому у роботі було задокументовано функціональні та нефункціональні вимоги до мобільного застосунку Cantata, який знаходиться в процесі розробки. Вимоги записані у вигляді користувацьких історій, які включають в себе пріоритет, власне історію користувача та критерії прийомки.

У якості функціональних вимог, наприклад, зафіксовано вимоги до:

- профілю користувача;
- гри, а саме до режимів гри, правил рівнів, перегляду результатів тощо;
- довідника з різноманітною інформацією про класичну музику.

Серед нефункціональних вимог зафіксовано наступні атрибути якості системи:

- середовище функціонування продукту;
- рамки, обмеження, правила і стандарти;
- інтерфейси користувача;
- інтерфейси зв'язку і комунікації;
- зручність використання;
- вимоги інтернаціоналізації і локалізації.

Таким чином, проєкт мобільного застосунку Cantata підготовлено до наступних етапів розробки.

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ НЕКООПЕРОВАНОГО КОСМІЧНОГО ОБ'ЄКТУ ЗА ВИМІРАМИ ОРІЄНТАЦІЇ ТА ВІДСТАНІ

Мельничук С.В., *sergvik@ukr.net*

Сальніков М.М., *salnikov.nikolai@gmail.com*

Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України

У навколоземному просторі відбувається накопичення великої кількості об'єктів людської діяльності, що не функціонують, – об'єктів космічного сміття. Вони створюють реальну загрозу для запусків та функціонування на орбіті нових супутників. Частина таких об'єктів є непрацюючими космічними апаратами, які після ремонту, заправки паливом можуть продовжити свою роботу. Для виконання цих операцій і операцій зі зміни орбіт об'єктів космічного сміття створюються так звані сервісні космічні апарати (СКА). Ситуація ускладнюється тим, що під впливом різних чинників космічного простору такі об'єкти перебувають у стані неконтрольованого обертання. Так виникає задача зближення і стикування СКА з некооперованим космічним об'єктом (НКО), що обертається.

Для планування та здійснення стикування необхідно достатньо точно знати всі параметри руху НКО, до яких належать кватерніон орієнтації, вектор кутової швидкості, відношення моментів інерції, положення центру мас, вектори відносних відстані та швидкості між СКА та НКО. Передбачається, що на СКА встановлено прилад, який вимірює у дискретні моменту часу вектор відносного положення і кватерніон орієнтації системи координат, що жорстко зв'язана з НКО. Цю інформацію, наприклад, можна отримати, якщо відомі вимірювання векторів відстані до трьох точок на поверхні НКО.

У роботі, яка є розвитком робіт [1-3], розглядається математична модель кутового та орбітального руху НКО, а також рівняння, що

пов'язують вимірювані величини зі змінними, які необхідно визначити. Задача оцінювання цих змінних формулюється як задача оцінювання стану нелінійної динамічної системи за умови, що виміри здійснюються з обмеженими похибками. Для розв'язання задачі оцінювання використовувався модифікований метод еліпсоїдального оцінювання, що має більш високу швидкість збіжності і грубість по відношенню до порушення апіорних обмежень, ніж класичний метод. Було запропоновано та реалізовано алгоритм розв'язання нелінійних нерівностей, що зв'язують виміри та вектор стану динамічної системи. Розроблені алгоритми були протестовані за допомогою чисельного моделювання, зокрема було досліджено межі застосування цих алгоритмів по відношенню до величини кутової швидкості НКО та періоду квантування за часом вимірювань.

Бібліографічні посилання

1. Salnikov N.N., Melnychuk S.V., Gubarev V.F., Maksymyuk L.V., Shevchenko V.M. Relative motion parameters estimation of a non-cooperative spacecraft from visual information. *Космічна наука і технологія*, 2023, Т. 29, № 3, С. 16–33. <https://doi.org/10.15407/knit2023.03.016>.
2. Salnikov N., Melnychuk S., Gubarev V. Ellipsoidal estimation of parameters of rotational and translational motion of a non-cooperative space vehicle from visual information. *Проблеми керування та інформатики*, 2023, № 6, С.35–63. <https://doi.org/10.34229/1028-0979-2023-6-3>
3. Salnikov N., Melnychuk S., Gubarev V., Sholokhov O. Ellipsoidal estimation of motion parameters of a non-cooperative space vehicle from visual information. *IFAC Journal of Systems and Control*, Volume 29, September 2024, 100267, <https://doi.org/10.1016/j.ifacsc.2024.100267>

АЛГОРИТМИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДЛЯ СЦЕН ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Мірошник А.В., *mirik23452@gmail.com*,

Дзюба П.А., *dziuba_p@365.dnu.edu.ua*,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасному світі зростає популярність віртуальної реальності у таких галузях, як фільми, відеоігри та архітектура. Це зумовлює необхідність у високоякісному та реалістичному віртуальному контенті, який може задовольнити потреби користувачів та забезпечити їм позитивний досвід. Створення подібного контенту є складним завданням, яке вимагає значних часових та фінансових витрат. Одним із ефективних методів автоматичного створення віртуального контенту є процедурна генерація. Процедурна генерація надає потужний інструментарій для створення сцен віртуальної реальності, які відрізняються високою різноманітністю та деталізацією. На даний момент ця технологія активно використовується, передусім, в ігровій індустрії[1], але її потенціал не обмежується тільки цим. Зі зростанням інтересу до автоматизації створення контенту, процедурна генерація стає перспективним напрямком для багатьох інших галузей, таких як архітектура, симуляції та освітні проекти.

Метою цієї роботи є поглиблений аналіз застосування різних алгоритмів процедурної генерації, їх комбінування і впровадження в створення інтерактивних віртуальних сцен.

Для демонстрації було обрано комбінацію двох різних алгоритмів процедурної генерації які можна використовувати у генерації таких сцен віртуальної реальності як лабіринти і підземелля. Цими алгоритмами є:

1. Генерація структури лабіринту на основі графів. В основі цього підходу лежить подання простору у вигляді графа, де вершини відповідають окремим кімнатам або зонам, а ребра — зв'язкам між ними. Це дозволяє

здобувати велику варіативність у генерації при цьому зберігаючи загальну структуру яка повинна залишитись статичною [3].

2. Алгоритм колапсу хвильової функції (WFC). Є сучасним підходом до процедурної генерації інтер'єрів і структур на основі правил та шаблонів. Його унікальність полягає в тому, що він використовує принципи адекватного розміщення елементів, де кожна частина простору має відповідати певним обмеженням та правилам. Це дозволяє генерувати інтер'єри з урахуванням функціональних та естетичних вимог [2].

Комбінуючи ці два алгоритми: генерація лабіринту на основі графу для генерації загальної структури кімнат і їх WFC для генерації вже самих кімнат, можливо отримати велику різноманітність результатів генерації. Це поєднання демонструє широкий спектр можливостей, які надає процедурна генерація, дозволяючи створювати не лише великі структури, але й деталі, що підсилюють загальну реалістичність віртуальних світів. Крім того така генерація дозволяє значно зменшити витрати часу та ресурсів на проектування, забезпечуючи при цьому високу якість та адаптивність середовищ.

Проведений аналіз та експерименти з алгоритмами процедурної генерації показують, що вони мають великий потенціал для подальшого розвитку та відкриває нові можливості для різних галузей, зокрема архітектури, медицини, освіти та культури. Процедурна генерація сприяє не лише підвищенню ефективності проектування, але й розвитку нових підходів до створення інноваційних, інтерактивних середовищ, що підвищує їх практичну цінність та адаптованість до потреб користувачів.

Бібліографічні посилання

1. N. Shaker, J. Togelius, and M. J. Nelson. Procedural Content Generation in Games: A Textbook and an Overview of Current Research. Springer, 2016.
2. P. Merrell. Model Synthesis. Ph.D. Dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill, 2009.
3. C. Ma, N. Vining, S. Lefebvre, A. Sheffer. Game Level Layout from Design Specification. In B. Lévy and J. Kautz EUROGRAPHICS 2014, Volume 33, Number 2. University of British Columbia, ALICE/INRIA, University of Southern California, 2014.

РОЗРОБКА СХЕМ ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ З ТЕРМОЕЛЕКТРОННИМ ПОКРИТТЯМ ТРОСУ ДЛЯ ДОСЯГЕННЯ БІЛЬШОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Міщенко О. В., *misch_alex@ukr.net*

*Інститут технічної механіки Національної академії наук України і
Державного космічного агентства України*

Розробка електродинамічних космічних тросових систем (ЕДКТС) для відведення космічних апаратів з робочих орбіт триває декілька десятиріч. За теоретичними розрахунками крім спуску з орбіт космічного сміття ЕДКТС може застосовуватись для перерозгону та маневрів космічних апаратів, обслуговування на орбіті та виконання місій на дуже низьких орбітах.

Одним із видів таких систем є ЕДКТС з термоелектронним покриттям з низькою роботою виходу електронів, що є повністю пасивними, тобто не потребують для свого функціонування додаткового палива. Внаслідок низької роботи виходу електронів з поверхневого шару троса термоемісія електронів з катодної частини ЕДКТС може перевищити іонний струм, що значно підвищує ефективність системи. Якщо в такій системі встановити бортове джерело живлення для зміни природного напрямку струму, то така ЕДКТС може створювати корисну тягу для компенсації атмосферного опору або для перерозгону космічних апаратів.

В докладі розглянуто ЕДКТС, трос яких складається з трьох частин: анодної оголеної частини для пасивного збору електронів, другої ізольованої частини, де може бути встановлено джерело живлення, та катодної частини, яка пасивно випускає електрони за допомогою термоелектронних ефектів.

Для розрахунку електричних струмів і потенціалів використовуються моделі [1], побудовані раніше, які ґрунтуються на моделях орбітально

обмеженого струму для анодної частини тросу, на теорії Річардсона-Дешмана для повної емісії [2] для катодного сегменту тросу. Для визначення зміни температури тросу ЕДКТС при орбітальному русі використовується доопрацьована модель температурних режимів роботи системи. В докладі проведено дослідження впливу теплових режимів функціонування на зміну значень параметрів ЕДКТС.

Моделі струму та напруги вздовж ЕДКТС з термоелектронним покриттям тросу використовуються для обчислення ефективності системи, тобто коефіцієнта перетворення електричної потужності в механічну потужність, а також для розрахунку мінімальної електричної потужності джерела живлення для уникнення ефектів просторового заряду на катодному сегменті. Наведено умови проектування для досягнення режиму високої ефективності. Для заданих орбіт та необхідної тяги знайдено оптимальні значення геометрії тросу, включаючи часткові довжини всіх трьох сегментів тросу. Показано, що оптимальні значення геометричних параметрів суттєво залежать від температури тросу через величину термоелектронної емісії з поверхні матеріалу.

Бібліографічні посилання

1. А. В. Пирожено, А. В. Мищенко, “Малая экспериментальная лектродинамическая космическая тросовая система. Электрическая модель”, Космічна наука і технологія, т. 24, №3, с. 3–10, 2018.
2. Williams J. D. Low Work-Function Coating for an Entirely Propellantless Bare Electrodynamic Tether / J. D. Williams, J. R. Sanmartin, L. P. Rand // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2012. – V. 40, №5. – P. 1441 – 1445.

ПРО НАБЛИЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛЬНИХ ПОЛІВ З РОЗРИВНИМИ УМОВАМИ НА ГРАНИЦІ

Молчанов А.О., e-mail: *evandr73@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розглядається спосіб відновлення потенціальних фізичних полів, який у світовій англомовній літературі називається method of fundamental solutions (MFS). Цей метод у загальному вигляді був описаний математиками М.А.Алексідзе та В.Д.Купрадзе в середині 60-х років минулого століття [1].

Основна ідея методу полягає в тому, що гармонічна функція, яка описує потенціальне поле, апроксимується комбінацією лінійно незалежних розв'язків рівняння Лапласа:

$$\tilde{u}(x) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Phi_i(x), \quad (1)$$

де $\Phi_i(x) = \Phi(x - y_i)$, з точками сингулярності y_i , обраними навколо тої області, в якій потрібно відновити поле. Для 2D випадку $\Phi(x) = -\frac{1}{2\pi} \ln|x|$.

Для визначення невідомих коефіцієнтів $\alpha = (\alpha_0, \dots, \alpha_m)$ у рівняння (1) підставляємо n відомих значень поля, що визначені (виміряні) в граничних вузлах $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Отриману систему $n \times (m+1)$ лінійних рівнянь розв'язуємо в сенсі мінімізації суми квадратів відхилень. Така система є некоректною за Адамаром й для отримання адекватного розв'язку вимагає певного методу регуляризації.

У випадку, коли маємо задачу з розривними умовами на границі:

$$\begin{cases} \Delta u = 0, x \in \Omega \\ u = g_0(x), x \in \Gamma_0, \\ u = g_1(x), x \in \Gamma_1 \end{cases} \quad (2)$$

де $\Gamma = \Gamma_0 \cup \Gamma_1$ - границя області Ω , й на кінцях цих сегментів маємо розриви, вищезгаданий метод не є підходящим, оскільки в (1) всі функції $\Phi_i(x)$ є аналітичними (в заданій області) й погано пристосовані для задач з неаналітичними граничними умовами. Для подолання вказаних труднощів пропонується [2] лінійну комбінацію (1) доповнити функціями спеціального виду:

$$\tilde{u}(x) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Phi_i(x) + \sum_{r=0}^p \beta_r \Psi_r(x), \quad (3)$$

де остання сума – лінійна комбінація функцій, кожна з яких є потенціалом подвійного шару (double layer potential):

$$\Psi_r(x) = \int_{\Gamma_1} \partial_{\nu_y} \Phi(x-y) y^r ds_y, \quad (4)$$

ν_y - одиничний вектор нормалі в точках $y \in \Gamma$, що вказує назовні області Ω . Такі функції є гармонічними й аналітичними всередині Ω й їх сліди (trace) на ділянці границі Γ_1 є поліноміальними функціями x^r , $r = 0, 1, 2, \dots$

Виконано дослідження цього методу для випадку $p = 2$. Проведений аналіз чисельного моделювання показує, що середньоквадратична похибка нижча на кілька порядків у порівнянні з класичним MFS.

Бібліографічні посилання

1. V. D. Kupradze and M. A. Aleksidze, Comput. Math. Math. Phys. 4, 82–126 (1964).
2. Carlos J.S. Alves, Svilen S. Valtchev, Applied Mathematics and Computation 320(3):61-74 (2018).

НЕЛІНІЙНИЙ АНАЛІЗ В ЗАДАЧАХ КОНТАКТНОЇ МЕХАНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Морозов Ю.С., *yury.morozov@gmail.com*

Зайцева Т.А., *ztan2004@ukr.net*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В області прикладного нелінійного аналізу метод скінченних елементів (МСЕ) є одним із потужних інструментів для розв'язання складних інженерних задач. Контактні задачі не є виключенням. Вони виникають, коли два або більше тіл взаємодіють через контактні поверхні, що, як правило, призводить до складних напружено-деформованих станів. Розв'язання контактних задач механіки за допомогою методу скінченних елементів є складним, але дуже ефективним підходом. Створення максимально точної геометричної моделі тіл, що контактують, її дискретизація на скінченні елементи, з урахуванням особливостей форми і областей контактів, визначення контактних пар, вибір контактних алгоритмів, визначення контактних умов таких як тертя, зчеплення, відсутність проникнення тощо – є обов'язковими етапами моделювання. Нелінійність контактних задач, як правило, часто обумовлюють змінні контактні умови та властивості матеріалів. Тому вибір і використання ітераційних методів для розв'язання нелінійних рівнянь, є важливим етапом, як і перевірка результатів на коректність і відповідність фізичним умовам.

Існує багато програмних пакетів для обчислень методом скінченних елементів, як у складі великих комерційних САПР систем, таких як Ansys, Cosmos/M, Autodesk Simulation, так і вільні або частково вільні для використання пакети, які здебільшого розробляються на некомерційній основі з залученням академічних установ (Elmer FEM, FreeFEM, MFEM та інші).

РЕАЛІЗАЦІЯ ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ЧЕРЕЗ СУЧАСНІ МЕСЕНДЖЕРИ

Мусатов Д.С., *dmytro.musatov@gmail.com*,

Романов В.О., *vromanov1944@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Системи автоматичного моніторингу та керування уже давно широко застосовують у різноманітних галузях промисловості та сферах діяльності людини. Основним їх призначенням є вимірювання, зберігання та відображення поточних параметрів об'єктів або процесів. Крім того, такі системи здійснюють керування виконавчими механізмами для утримання певних параметрів у заданих межах або досягнення певних цілей системи відповідно до заданої програми. Останнім часом на такі системи покладають функції архівування параметрів системи, аналізування роботи системи, вироблення певних управлінських рішень та інформування користувача про відхилення параметрів роботи як всього об'єкту, так і його окремих складових.

Сучасні умови часто ставлять вимогу швидкого та надійного реагування на зміну заданих параметрів об'єкта спостереження як в автоматичному режимі, так і через залучення користувача, в тому числі у віддаленому режимі.

Автоматичне керування можна реалізувати через впровадження сучасних методів штучного інтелекту та технології "обчислень на межі". Такий підхід дає можливість перенести функції обчислень та керування ближче до об'єкта.

Залучення користувача для керування здійснюють, як правило, коли при роботі об'єкта виникає нестандартна ситуація. У цьому випадку застосовують людино-машинні інтерфейси на базі бездротових технологій дальнього і ближнього радіусу дії та засоби Інтернету речей.

Однак складність традиційних інтерфейсів та необхідність спеціалізованого програмного забезпечення можуть ускладнювати процес керування у віддаленому режимі. Використання популярних месенджерів як людино-машинних інтерфейсів взаємодії може спростити доступ до систем, підвищуючи зручність та оперативність.

У роботі пропонується концепція апаратно-програмної платформи для інтеграції технологій на базі Інтернету речей, штучного інтелекту та "обчислень на межі" з поширеними месенджерами для керування системами у різних прикладних областях. Обґрунтовано актуальність використання "обчислень на межі" для підвищення ефективності та безпеки. Представлено концептуальну модель системи та окреслено напрямки подальших досліджень.

Пропонована платформа складається з трьох рівнів. Перший рівень – рівень датчиків та виконавчих механізмів для взаємодії з оточенням. Другий рівень – рівень інтелектуальних пристроїв (обчислень на межі) для оброблення даних і прийняття рішень. Третій рівень – рівень взаємодії, який надає користувачам доступ до системи в реальному часі через використання поширених месенджерів.

Застосування месенджерів дає можливість керувати об'єктами або процесами як напряму через відповідні контролери керування, як знаходяться безпосередньо на об'єкті, так і використовуючи як проміжні ланки сервери, хмарні або туманні середовища. При цьому усі обчислення, необхідні для оптимального і надійного функціонування системи, а також для підтримання прийняття управлінських рішень, здійснюються на рівні інтелектуальних пристроїв, який, як правило, розташовується поближче до об'єкта керування.

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ОТОЧЕННЯ ЗА АУДІОЗАПИСОМ

Назаренко Д.П., *walowoe2000@gmail.com*, Сидорова М.Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Класифікація за аудіо — це процес аналізу та категоризації звукових даних за допомогою алгоритмів машинного навчання. Основна мета полягає в тому, щоб автоматично визначити, до якого класу належить конкретний аудіосигнал. Це може бути класифікація звуків навколишнього середовища (наприклад, транспорт, природа, розмови), музичних жанрів, мови або окремих звуків, таких як голос, музичні інструменти чи звуки природи.

Метою роботи є розроблення та дослідження моделей для класифікації оточення за аудіо записом. Аудіокласифікація за оточенням має велику актуальність у сучасних технологіях через зростання попиту на інтелектуальні системи, здатні розпізнавати та реагувати на навколишні умови. Класифікація оточення може допомогти у сферах безпеки, медицини, біології, автопілоту та інших галузях [1].

Підготовка навчальних аудіо-даних для моделі є одним з найперших та важливих етапів, від якого залежить ефективність та точність подальшого навчання. Під час підготовки важливо враховувати якість, тривалість і варіативність даних, щоб забезпечити збалансованість і правильний вигляд набору навчальних даних. Для вибору правильного підходу потрібно відштовхуватись від конкретних цілей і завдань моделі, а також від доступних ресурсів та існування відповідних даних у достатній кількості.

Одним з найкращих варіантів для попередньої обробки звуку є мел-спектрограма, яка є вдосконаленою формою короткочасного Фур'є-перетворення (STFT). Основна перевага мел-спектрограми полягає в її здатності використовувати мел-шкалу, що краще відповідає сприйняттю

людського слуху. Використання мел-шкали дозволяє врахувати цю особливість, забезпечуючи кращу репрезентацію звукової інформації у спектрограмі. Вона ефективно виділяє та розпізнає особливості звуків, що характеризують різні оточення, на основі їх частотного складу.

Для подальших обчислень усі часові параметри були переведені у стандартні часові проміжки. Кожен аудіофайл має свої одиниці виміру часу, що залежать від частоти дискретизації (sample rate) та кроку обробки сигналу (hop length) [2]. Формула обчислення часового проміжку виглядає таким чином:

$$frame = \lfloor time * sr / hop_length \rfloor$$

Також, під час підготовки аудіо, дані енергетичних значень в децибелах (dB) переводяться на шкалу потужності у децибелах.

Згорткові шари (CNN) дозволяють моделі виявляти локальні особливості в звукових даних. Вони ефективно впораються з обробкою просторової інформації та допомагають визначити різні шаблони у записах аудіо, такі як шум транспорту та людей у місті чи звуки природи [3].

Також додатково можна використовувати рекурентні шари. Вони добре підходять для виявлення залежності у часових послідовностях, що можуть бути важливі для довгих аудіо зі зміною середовища.

Бібліографічні посилання

1. Імпульсне виявлення звуку та розпізнавання пострілів [Електронний ресурс] URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7129872>
2. Розрахунок Time Frame [Електронний ресурс] URL: https://librosa.org/doc/main/generated/librosa.time_to_frames.html
3. Моделі для розпізнавання за звуком [Електронний ресурс] URL: <https://theaisummer.com/speech-recognition/>

НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ ЯК АКТУАЛЬНИЙ НАПРЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Нечитайлов В.О., *vlnesch.97@gmail.com*, Сидорова М.Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Навчання з підкріпленням (RL, reinforcement learning) — це метод машинного навчання, де агент навчається взаємодії з навколишнім середовищем, послідовно виконуючи дії та отримуючи за них винагороди, що можуть бути як позитивними, так і негативними. На відміну від методів, орієнтованих на мітки (наприклад, навчання з учителем), навчання з підкріпленням спрямоване на пошук оптимальної стратегії, яка максимізує кумулятивну винагороду, ґрунтуючись на досвіді взаємодії з середовищем.

Актуальність навчання з підкріпленням сьогодні є надзвичайно високою завдяки широкому спектру застосувань та швидкому розвитку технологій штучного інтелекту. Основні чинники, що визначають його значущість, включають наступне:

- 1. Реальні застосування:** RL знаходить використання у різних сферах, таких як робототехніка, автономне водіння, ігрова індустрія, обробка природної мови, фінансовий менеджмент, реклама та охорона здоров'я. Застосування цих методів у реальних задачах дає можливість моделям навчатися на власних помилках та покращувати результати у процесі практичного використання, що дозволяє штучному інтелекту ефективно вирішувати прикладні завдання.
- 2. Адаптація та прийняття рішень:** На відміну від традиційного машинного навчання, навчання з підкріпленням здатне адаптуватися до змін у середовищі, що робить його особливо корисним для застосування у нестабільних і динамічних системах. RL-алгоритми можуть знаходити оптимальні стратегії навіть в умовах часткової

невизначеності, що відкриває можливості для застосування в середовищах із високим рівнем невизначеності.

3. **Прогрес у обчислювальних потужностях та моделях:** Розвиток обчислювальних потужностей і вдосконалення архітектур глибоких нейронних мереж (DNN) зробили можливим навчання складніших моделей RL, таких як глибоке Q-навчання (DQN) та алгоритми, що базуються на Policy Optimization. Ці методи значно підвищують гнучкість і ефективність RL-алгоритмів.
4. **Вдосконалення взаємодії між людиною та машиною:** RL сприяє моделюванню поведінки, адаптованої до потреб користувача, покращуючи взаємодію та користувацький досвід. Зокрема, такі системи можуть адаптуватися до вподобань користувачів та контексту, що є затребуваним у рекомендаційних системах та персоналізованому навчанні.
5. **Автономні системи та агентний підхід:** Важлива перевага RL — здатність навчатися через досвід, що дає можливість розробляти повністю автономні системи. Цей підхід підходить для систем з автономними агентами, які взаємодіють з навколишнім середовищем і навчаються досягати цілей шляхом отримання зворотного зв'язку.
6. **Моделювання складних систем і прийняття стратегічних рішень:** RL активно застосовується для моделювання складних економічних, соціальних та екологічних систем, де потрібна розробка стратегій на тривалий період. Це особливо важливо в іграх, логістиці та плануванні, де RL допомагає знаходити оптимальні рішення в умовах обмежених ресурсів.

Таким чином, актуальність RL зумовлена його потенціалом для вирішення складних завдань, що виходять за рамки класичних підходів до навчання, а також зростаючим інтересом до створення систем, здатних до автономного навчання та адаптації.

РОЗРОБЛЕННЯ ДЕТАЛІЗОВАНОГО ПЕРСОНАЖА ДЛЯ СЕРЕДОВИЩА РУШІЯ UNREAL ENGINE

Новіков О.Е., *epicurets@gmail.com*, Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розроблення детального тривимірного персонажа для віртуального середовища рушія Unreal Engine є складним процесом, що включає концептуалізацію, моделювання геометрії, текстуровання, ретопологію, анімацію, а також етап портування персонажа в рушій.

Unreal Engine — це ігровий рушій, що розробляє компанія Epic Games. Він був вперше випущений у 1996 році. Освоєння цього рушія може бути складним через притаманну йому надмірну інженерію. Проте, завдяки своїй оптимізації та функціональності, Unreal Engine залишається найпопулярнішим рушієм для великих комерційних проєктів. Програмування в Unreal Engine базується на мові C++. У цій роботі використовується версія 5 цього рушія, що стала доступною в квітні 2022 року.

Існує безліч алгоритмів розроблення персонажа для Unreal Engine. Деякі з них вимагають використання великої кількості програмних середовищ, тоді як інші є більш простими, але з обмеженими можливостями. У цій роботі розглянуто складний алгоритм розроблення персонажа, який охоплює всі етапи, але також буде приділено увагу й простішим альтернативам.

Розроблення персонажа зазвичай починається з етапу концептуалізації, персонаж цієї роботи – дівчина з цирку. Концепт розроблявся під час створення високополігональної моделі. Спочатку було створено базову полігональну сітку та геометрію, з якою не складно працювати, після чого було змодельовано високополігональну модель.



Рис. 1 – Високополігональна модель персонажа

Для створення високополігональної моделі використано спеціалізовану програму для скульптурного моделювання ZBrush, і для полігонального моделювання – програмний пакет Blender. Вибір програм обумовлений обмеженнями обчислювальних ресурсів комп'ютеру. Так, програмний пакет Blender не підходить для роботи з великою кількістю геометрії на звичайному комп'ютері, тому не можна було працювати з ним у випадку високополігональної моделі. Програмний пакет Blender також буде використано для оснащення моделі скелетом і подальшої анімації. Надалі планується виконати текстурування персонажу в середовищі Substance Painter.

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ТОЧНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

Олійник А.О., *artem.oliinyk91@gmail.com*,

Золотько К.Є., *zolotko_kkt@dsu.dp.ua*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Глибинне навчання стало основою сучасних систем розпізнавання облич, забезпечуючи високу точність і надійність в обробці візуальних даних. Однак ключовою складовою успіху таких систем є ефективна попередня обробка зображень облич. Цей етап спрямований на покращення якості даних, зменшення їх варіативності та узгодження зі стандартними форматами для навчання моделей. Розглянемо декілька аспектів.

Вирівнювання облич (Face Alignment) [1]. Це процес, який забезпечує, щоб усі обличчя на зображеннях були представлені у схожій орієнтації (зазвичай фронтально), незалежно від того, як саме було знято початкове фото. Вирівнювання допомагає компенсувати варіації в нахилі голови, освітленні та виразах обличчя, що знижує складність задачі для моделі. Основний принцип полягає у виявленні ключових точок обличчя (наприклад, очей, носа, рота) і трансформації зображення таким чином, щоб ці точки були приведені до стандартної позиції. Дослідження показують, що системи розпізнавання облич, які використовують вирівнювання, демонструють покращення точності на 2-5% у порівнянні з тими, що працюють на невіривняних зображеннях, також вони демонструють більшу стійкість до різних початкових умов.

Налаштування рамок (Margins) [2]. Цей крок включає вибір відповідного поля навколо обличчя, яке вирізається для передачі до моделі. Якщо рамка надто тісна, це може призвести до втрати важливих деталей, таких як волосся або частини контурів обличчя, що важливі для розпізнавання особистості. З іншого боку, якщо рамка занадто велика,

модель отримує надлишкову інформацію, яка не має значення для задачі (фон, інші об'єкти), що може погіршити результати. Дослідження показують, що правильне налаштування рамок може покращити точність розпізнавання на 1-3%.

Зміна розмірності зображень (Resizing) [3]. Розмірність зображень облич також грає ключову роль у продуктивності моделі. Занадто великі зображення можуть перевантажити модель непотрібними деталями та збільшити вимоги до обчислювальних ресурсів, тоді як надто малі зображення можуть втратити важливу інформацію, що необхідна для точного розпізнавання. Тому обирається стандартний розмір зображень, який використовується для всіх вхідних даних. Для більшості моделей, таких як ResNet або FaceNet, популярним вибором є розмір 112x112 або 224x224 пікселів. Процес зміни розмірності має враховувати збереження співвідношення сторін обличчя, щоб уникнути спотворень. Вибір правильного розміру також визначається архітектурою моделі: деякі архітектури краще працюють із більшими зображеннями, тоді як інші моделі можуть забезпечити високу точність навіть на менших розмірах. Попередня обробка даних є критичним етапом у розпізнаванні облич за допомогою глибокого навчання. Врахування описаних аспектів дозволяє суттєво підвищити ефективність систем розпізнавання облич у реальних умовах, що має важливе значення для широкого впровадження технології.

Бібліографічні посилання

1. Comparisons of local methods for face alignment / G. Zhang та ін. *IET Computer Vision*. 2016. Т. 10, № 7. С. 728–735..
2. Dharavath K. Improving Face Recognition Rate with Image Preprocessing. *Indian Journal of Science and Technology*. 2014. Т. 7, № 8. С. 1170–1175.
3. Improve Face Recognition Rate Using Different Image Pre-Processing Techniques / H. Nawah. *American Journal of Engineering Research*. 2016. Т. 5, № 4, С. 46-53.

АЛГОРИТМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗНАЧУЩИХ ФАКТОРІВ

Орехова Н.А., *naorexova@gmail.com*, **Коваль В.П.**, *07_sv@i.ua*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Для модельного дослідження та оптимізації складної системи важливим є визначення серед факторів, що впливають на її функціонування, значущих та малозначущих. Іноді на попередньому етапі розробки моделі кількість малозначущих факторів може досягати 80%. Таке збільшення розмірності не тільки значно ускладнює здійснення комп'ютерних експериментів, але й може мати суттєвий вплив на розуміння взаємодії важливих факторів, які визначають основу і суть функціонування складної системи.

Особливо складно виявити значущі фактори, якщо кількість зразків даних, для яких відомі значення факторів та цільової функції, є невеликою в порівнянні з кількістю факторів.

Для визначення значущих факторів запропоновано алгоритм з використанням простої нейромережі, створеної за допомогою бібліотеки Keras [1].

Будується нейромережа, що реалізує регресію [2]. Вона навчається на наявному наборі даних для того, щоб можна було передбачати значення цільової функції для довільних значень змінних з діапазону допустимих значень. Потім за допомогою навченої мережі оцінюється внесок кожної змінної до значення цільової функції двома способами.

Спосіб 1 (додавання). Знаходяться різниці між передбаченими значеннями цільової функції при додаванні певних змінних до пустого набору та значенням передбаченої цільової функції для цього вихідного набору.

Спосіб 2 (виключення). Знаходяться різниці між передбаченими значеннями цільової функції при виключенні певних змінних з

максимального набору та значенням передбаченої цільової функції для цього вихідного набору.

Ці різниці вважаються оцінками значущості відповідних змінних. Робота алгоритму оцінювалася на різних штучно створених наборах даних. Варіювалися кількість зразків в наборі, а також співвідношення значущих та незначущих факторів. Результати експериментів відображалися на діаграмах.

На Рис.1 наведено приклад діаграм для набору, що складається з 200 зразків. Кожен зразок містить значення 100 факторів з діапазону $[0,1]$ та відповідне значення цільової функції. Перші 50 факторів входять до цільової функції з коефіцієнтами 1, останні 50 – з коефіцієнтами 0.05.

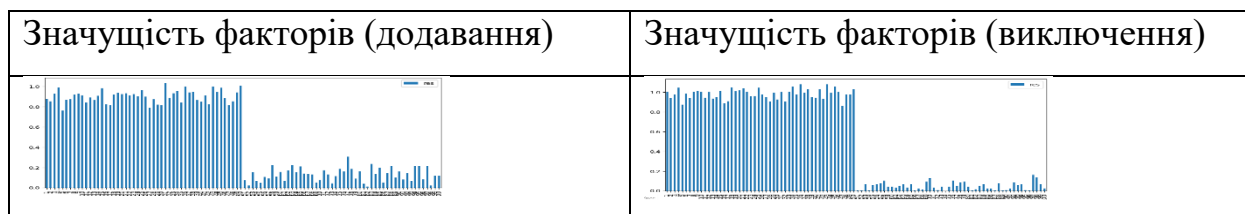


Рис.1 Приклад діаграм.

Було виявлено, що навчання нейромережі відбувається тим швидше, чим більше зразків даних у наборі. Алгоритм здатен впевнено виявляти значущі фактори, якщо кількість зразків в наборі перевищує кількість факторів в 1.5 рази або більше. Результати різних обчислювальних експериментів дещо відрізняються, оскільки початкові ваги нейромережі обираються випадково. Тому пропонується робити декілька циклів обчислень для більшої достовірності результатів.

Бібліографічні посилання

1. <https://keras.io/about/>
2. Chollet F. Deep learning with Python. Simon and Schuster; 2021.

ВИТЯГ СТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ ІЗ ПАПЕРОВИХ ФОРМ ЗА ДОПОМОГОЮ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

Пантелеймонов А.А., *apanteleymonov@gmail.com*

Щетинін Д.І., *schetinin.d@gmail.com*

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Ефективний витяг структурованих даних із паперових форм, що широко використовуються у сферах охорони здоров'я, фінансів, освіти тощо, є актуальною проблемою.

Переведення у цифровий формат підтримує автоматизацію та покращує процес прийняття рішень, усуваючи помилки ручного введення, економлячи час та підвищуючи точність. Зі зростанням потреби в орієнтованих на дані підходах, оцифрування даних є важливим для інтеграції в сучасні цифрові системи.

У доповіді розглядаються два основні підходи до автоматизації витягу даних:

1. OpenAI Vision – виконує всю задачу за один виклик, але має обмеження у роботі з поворотами та спотвореними зображеннями. Крім того, зменшення роздільної здатності перед обробкою призводить до зниження якості розпізнавання зображень формату A4.
2. Комбінований підхід з трьох етапів:
 - розпізнавання (OCR), використовуючи AWS Textract або Azure Document Intelligence для виявлення текстового наповнення сканованих або сфотографованих документах;
 - попередня обробка за допомогою оригінальних препроцесорів, що переводить розпізнаний текст у формат, придатний для подальшого аналізу за допомогою великих мовних моделей (LLM);

- витяг даних за допомогою OpenAI Chat Completion API, що повертає структурований результат за шаблоном, описаним у запиті після послідовних раундів налаштування (prompt engineering).

Було створено і розмічено біля сотні заповнених різними почерками форм десяти різних типів, що належали одному і тому ж виду діяльності. Після їх опрацювання із застосуванням вищезазначених підходів, були обраховані показники якості розпізнавання.

Виявилось, що комбінований підхід надає кращу точність, особливо за складних умов, маючи при цьому більшу гнучкість. Між розпізнаванням засобами AWS та Microsoft Azure суттєвої різниці виявлено не було.

Можна зробити висновок, що сучасні хмарні сервіси в поєднанні з власними компонентами дозволяють ефективно робити витяги структурованих даних з паперових форм. Хоча OpenAI Vision є перспективним, розділений підхід наразі забезпечує кращу точність та гнучкість.

До недоліків сервісів AWS Textract і Azure AI Document Intelligence можна віднести значне погіршення якості розпізнавання для неангломовних документів.

Очікується, що ці інструменти продовжуватимуть удосконалюватися та з'являтимуться нові альтернативи, а підтримка інших мов, зокрема української, покращиться.

АНАЛІЗ ДАНИХ У МЕТОДАХ НЕРУЙНІВНОГО МОНІТОРИНГУ БАГАТОШАРОВИХ ОСНОВ

Петров А.Д., *sinanddex2@gmail.com*,

Трофімов О.В., *atrof2222@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Питання неруйнівного моніторингу та контролю механічних та геометричних параметрів багатошарових конструкцій є одними з найважливіших у практиці безпечної експлуатації транспортних комунікацій. Існуючий рівень розвитку вимірювальних приладів та методів обробки даних дає можливість створювати діагностичні засоби, що поєднують високу швидкість знімання необхідних даних з достатнім охопленням найбільш «інформативної» частини полотна, що деформується. Такі прилади, які називають дефлектометрами, дозволяють підвищити якість попередньої діагностики, більш точно локалізувати «проблемні» ділянки, що може істотно знизити трудомісткість і тривалість основного етапу діагностики досліджуваної конструкції. Обробка даних, що постачаються подібними інструментами, ґрунтується на певних моделях багатошарових основ (рис. 1).

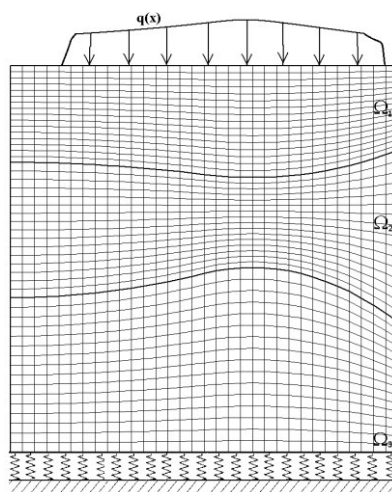


Рис. 1. Пружний багатошаровий пакет із криволінійними межами між шарами з побудованою регулярною сіткою.

У роботі запропоновано блочно-параметричний підхід до розв’язання обернених завдань у рамках «інформаційно-імовірнісної» концепції, який був реалізований у задачах визначення невідомих фізичних та геометричних параметрів пружного шаруватого пакета за заданими переміщеннями деяких точок його верхньої (навантаженої) поверхні. Отримані результати свідчать, що запропонований підхід є дуже перспективним для дослідження рішень широкого класу обернених завдань, у тому числі і задач з невідомими параметрами геометрії області, що розглядається.

Розроблена методологія дозволить розробляти програмне забезпечення для нового покоління для високошвидкісних пристроїв, що використовуються для неруйнівного контролю та моніторингу технічного стану транспортних конструкцій, таких як дорожнє полотно, злітно-посадкові смуги, залізничні баластні призми тощо (так звані рухомі вимірювальні платформи).

Бібліографічні посилання

1. Trofimov A.V. Inverse problem analysis for nondestructive evaluation of structural characteristics of multilayered foundations. Arch Appl Mech 91, 1773–1792 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00419-020-01854-5>
2. Trofimov A.V. Block-parametric approach to non-destructive control data analysis of railroad layered foundations. MATEC Web of Conferences 390, 04003 (2024). <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439004003>
3. Trofimov, A., etc. Non-destructive control data analysis of railroad foundation constructions. MATEC Web of Conferences 294, 03012 (2019). <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929403012>

**РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БОЄМ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ОБОРОННИМИ РЕСУРСАМИ**

Полішко С.В., *Sergpilen777@gmail.com*

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського

Створення ефективної єдиної інформаційної системи управління оборонними ресурсами (Defense Resources Management Information System – DRMIS) для потреб Збройних Сил України є можливим лише з урахуванням особливостей форм і способів ведення бойових дій під час збройної агресії російської федерації проти нашої держави.

На сьогоднішній день, доцільно розглянути можливості використання елементів інформаційних систем управління боєм, які пройшли випробування в бойових умовах і здійснюють безперервне доопрацювання та розширення функціональних можливостей під час експлуатації у військах.

Однією із таких систем є автоматизована система (АС) управління вогнем артилерії “Кропива”, яка призначена для автоматизації процесів управління вогнем артилерійського підрозділу на тактичному рівні: від бригади до гармати.

Головним функціональними модулями даної системи, як і ряду типових до неї (“Армор”, “Artos” та інших), є модуль підготовки і ведення вогню.

Розробка даного модуля враховує всі типи вогневих систем та пострілів калібру більше 30мм, головними з яких є самохідні та буксируємі артилерійські установки, ракетні системи залпового вогню, високоточні артилерійські системи вітчизняного та закордонного виробництва.

Основними функціональними етапами застосування даного озброєння і військової техніки (ОВТ), що реалізовано в АС “Кропива”, є:

1. Планування порядку застосування визначеного ОВТ відповідно до вогневого завдання;

2. Проведення розрахунків по застосуванню даного ОВТ (в тому числі типу і кількості боєприпасів (пострілів, реактивних снарядів і т.п.);

3. Автоматичний контроль застосування відповідного ОВТ і боєприпасів.

Процеси, що закладені в логістичне забезпечення боєприпасами DRMIS безпосередньо і повністю пов'язані з реалізованими в АС “Кропива” функціональними етапами і включають:

1. Планування забезпечення ОВТ і боєприпасами, відповідно до завдань підрозділів за призначенням;

2. Контроль використання ОВТ і боєприпасів.

3. Розрахунок потреб для поповнення з послідуною організацією постачання відповідного ОВТ та боєприпасів.

Для повного використання функціоналу АС “Кропива” і типових до неї, наприклад, за логістичним забезпеченням боєприпасами DRMIS необхідно лише сформулювати формалізовані звіти відповідно до вимог керівних документів.

Доцільність використання АС “Кропива” (та типових до неї) за напрямком логістичного забезпечення боєприпасами DRMIS є очевидною, враховуючи реалізовані в АС «Кропива» мережеву інфраструктуру, універсальні програмно-апаратні рішення, інстальовані автоматизовані робочі місця (АРМ), велику кількість користувачів, гнучкі функціональні доопрацювання, підтримку користувачів та належність продукту державі.

ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ПОРУШЕНЬ АВТОРСЬКОГО ПРАВА В ІНТЕРНЕТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Пономаренко П. А., *reactor2345@gmail.com* Сидорова М. Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Анотація. У ході дослідження підходів до децентралізованого моніторингу контенту в інтернеті в демонстраційних цілях був створений проєкт Copyright Watchman .

Вступ. Головною інновацією системи Copyright Watchman (CW) є реалізація патерну взаємодії незалежних учасників для ефективного збору інформації про неправомірне використання захищеного контенту в інтернеті на основі блокчейн мережі Ethereum та її протоколів.

Розроблена платформа має наступні корисні властивості: відсутність центрального контролю, прозорість та невідворотність операцій, peer-to-peer взаємодія учасників.

Основна частина. В основі розроблюваної системи лежить смарт-контракт CopyrightWatchman.sol написаний на мові програмування Solidity. Смарт-контракт доповнюється веб-додатком, реалізованим на Python, для надання зручного інтерфейса користувачам платформи.

Для узгодження дій між користувачами та запобігання порушення ними правил функціонування системи в Copyright Watchman реалізовано алгоритм Proof of Stake (PoS).

У PoS валідатори вибираються для створення блоків на основі кількості криптовалюти, яку вони утримують як заставу.

У Copyright Watchman реалізована власна версія алгоритму, в якій валідатори перевіряють звіти користувачів про знайдені порушення авторського права в інтернеті, приймаючи рішення більшістю голосів. Кожен валідатор закладає депозит, який збільшується чи зменшується внаслідок прийнятих рішень.

У системі CW для користувачів визначенні три ролі: клієнт, репортер, валідатор.

Клієнт — учасник, який створює новий слот, вносить депозит, що буде використовуватися, як винагорода для інших учасників, та розміщує посилання на ресурс, захищений авторським правом. Клієнт є ініціатором взаємодії користувачів та джерелом фінансування для системи.

Репортер — учасник, який шукає в мережі прояви порушення авторського права та надсилає смарт-контракту посилання на них. У винагороду за коректну роботу він отримує фіксовану частку від депозита клієнта. За надсилання невалідних посилань репортер втрачає частку власного депозиту.

Валідатор — учасник, який перевіряє надіслані від репортерів посилання.

Висновок про валідність посилання призначається більшістю валідаторів. Валідатор нагороджується за голос, який відповідає позиції більшості учасників голосування. Валідатори обираються зі списку кандидатів на позицію за допомогою генерації псевдовипадкових чисел в кожній епосі. Кожен валідатор вільний у виборі способу перевірки посилань.

Висновок. Проєкт Copyright Watchman спрямований на створення інноваційної децентралізованої платформи для ефективного виявлення порушень авторського права в мережі інтернет, побудованої на Ethereum блокчейні.

Використовуючи смарт-контракти, система дозволяє користувачам брати участь у відслідковуванні незаконного розміщення медіа контенту в умовах прозорості конкуренції та матеріального заохочення.

НАЧЕРК МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ АВТОНОМНОЇ / КОГНІТИВНОЇ СИСТЕМИ

Прокопчук Ю.О., *itk3@ukr.net*

Institute of Technical Mechanics of the NAS of Ukraine

Key Accents: Resource-Limited Agents, Agency, Perception-Cognition-Action Events, Coarse-Grained Observations, Possibility Spaces, Navigating / Reducing Complexity, Computational Constraints, Multi-Model Strategy for Compression / Generalization, Criticality, Flexibility, Adaptability, Subjective Experience, Causal World Models, Belief System, Wholeness, Phenomenon of Emergence, Multi Resolution Trajectory Sketch, Systems of Sketching, Coordination Dynamics, EigenBehavior, Limiting Generalizations Paradigm (LGP).

Оптимальна політика поведінки (виживання) спонукає автономного / когнітивного агента: збирати інформацію про своє середовище, що відповідає зниженню невизначеності; розширювати простір можливостей у будь-якій ситуації, що підвищує гнучкість; здобувати контроль над своїм середовищем (формувати нішу), що відповідає підвищенню передбачуваності майбутніх станів світу; розширювати каузальну внутрішню Модель Світу з метою формування шаблонів поведінки та пошуку ресурсно-економних описів (критичний стан; обчислення на краю хаосу), що знижує енергозатрати, підвищує швидкість прийняття рішень та передбачуваність майбутніх станів світу; удосконалювати засоби комунікації для формування ефективних команд/симбіозів, що підвищує складність колективно розв'язуваних завдань за одночасного зниження індивідуального (когнітивного) навантаження; удосконалювати агентність, що передбачає ситуаційну поінформованість, ощадливе спілкування та гнучке / ефективне використання ресурсів (простору можливостей).

Агент повинен знаходити закономірності та працювати на певному рівні грубої зернистості, щоб забезпечити виживання. Груба зернистість може включати різні форми реорганізації даних (LGP-концепція «мережі начерків»).

Мережа мереж начерків формує цілісну каузальну «Модель Світу», включаючи різні види досвіду. Системоквант цілеспрямованої поведінки $\{f/\mu\}^\uparrow$ формується системопатернами / мислєдїями $f/\mu: \{a\} \rightarrow \{b\}$, де $\{a\}, \{b\}$ – характеристики початкової та кінцевої ситуацій; μ – механізми виконання патернів, які належать ситуативному Простору можливостей: $\mu \in \text{Pos-Space}_t(f)$. В кожен момент часу постає творча задача максимального розширення $\text{Pos-Space}_t(f)$ для всіх $f \in \{\}^\uparrow$. Ситуативні ресурси патернів $\cup_{\{\}} \text{Res}_t(f/\mu)$ обмежені $\text{RES}(t)$. Виконання системокванту супроводжується відчуттям агентності – здібності ефективного використання ситуативних можливостей за для досягнення цілей (ситуативна адаптивність). Вибір доцільного механізму μ'_f ($\forall f \in \{\}^\uparrow$) в кожен момент часу оптимізує критерій $\text{Efficiency}_f(\mu)$ з урахуванням наявних та фундаментальних обмежень: Computational constraints (limited resources, uncomputability of Kolmogorov complexity; Noisy and incomplete data; Using body experiences). Прикладом системоквантів є процес рішення задач розрізнення з використанням стохастичного процесу «континуум евристик» (розпізнавання, управління, прогнозування; Dynamic Competition Mechanism; Processes "from vague to crisp"; Deep Intuition; Predictive processing; "Controlled hallucination": 'Brain' Hallucinates Conscious Reality). Рішення задач координаційної динаміки в кожен момент часу в рамках системокванту пов'язано з ситуативним розподілом енергії $\{e_t(f/\mu)\}$, яка обмежена $E(t)$. Загальні обмеження $\text{RES}(t)$ и $E(t)$ формуються на макрорівні, який охоплює розум, тіло та навколишнє середовище. Редукований начерк моделі поведінки:

$$\begin{aligned} \{f/\mu\}^\uparrow &\equiv \{f/\mu: \{a\} \rightarrow \{b\}\}^\uparrow, \quad \forall t \quad \cup_{\{\}} \text{Res}_t(f/\mu) \subseteq \text{RES}(t), \\ \forall t \quad \text{opt}_e \{e_t(f/\mu)\}, \quad \Sigma_{\{\}} e_t(f/\mu) &< E(t), \\ \forall f \in \{\}^\uparrow \quad \forall t \quad \mu'_f &= \arg\max \text{Efficiency}_f(\mu), \quad \mu \in \text{Pos-Space}_t(f), \quad \text{Res}_t(f/\mu), \\ \forall f \in \{\}^\uparrow \quad \forall t \quad |\text{Pos-Space}_t(f)| &\rightarrow \text{Creative Max.} \end{aligned}$$

Конкретизація моделі на основі LGR викладена в книжці Прокопчука Ю.О. «Інтуїція: досвід формального дослідження. Дніпро: ПДАБА, 2022.»

АНАЛІЗ КОРИСТУВАЦЬКИХ ДІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ

Прусан І.К.¹, Лисиця Н.М.¹, Зайцева Т.А.¹, Шишканова Г.А.²

prusanigor@gmail.com, ztan2004@ukr.net, shganna@ukr.net

¹*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

²*Національний університет «Запорізька політехніка»*

Сучасний розвиток інтелектуальних систем значно збільшує попит на автоматизований аналіз поведінкових даних користувачів у веб-додатках. Прогнозування дій користувачів дозволяє підвищити якість персоналізації інтерфейсу та забезпечити оптимізацію веб-ресурсу. Ефективне розуміння користувацької поведінки є важливою складовою вдосконалення сучасних веб-додатків. Класичні методи аналітики не завжди забезпечують необхідну точність прогнозування, оскільки можуть не враховувати послідовності та ймовірності переходу між діями. Саме за допомогою ланцюгів Маркова [1,2] зручно моделювати послідовність користувацьких дій, тим самим полегшуючи процес прогнозування наступних кроків користувача.

У роботі представлено методологію аналізу послідовностей дій користувачів із застосуванням ланцюгів Маркова, реалізовану на основі REST API, що забезпечує можливість автоматизованого логування дій та прогнозування подальших кроків користувачів. Саме такий підхід дозволив автоматизувати реєстрацію всіх подій та зберігати це у форматі, зручному для подальшої роботи. Методологію збору, обробки та аналізу даних користувачів можна описати наступною послідовністю дій:

- Система збору даних: кожна дія користувача, яка відбувається на сайті (відвідування сторінки, натискання кнопок, заповнення форм тощо), записується в базу даних через REST API.

- Побудова моделі: зібрані дані конвертуються у формат, придатний для аналізу (ланцюги Маркова). Для цього формується матриця ймовірностей переходів між діями, де кожен елемент описує ймовірність того, що після однієї дії користувач здійснить певну іншу дію.
- Прогнозування дій: за допомогою марковської моделі розраховується ймовірність кожної подальшої дії користувача на основі поточного стану.

Для тестування системи було зібрано дані щодо 1000 унікальних сесій користувачів. На основі цих даних була побудована марковська модель із ймовірностями переходів між найбільш популярними діями. Дослідження продемонструвало, що точність прогнозування досягає 87% для найбільш популярних дій, таких як перехід між сторінками, натискання на важливі елементи інтерфейсу та взаємодія з формами.

Користувацька дія	Ймовірність прогнозування, %	Точність прогнозу, %
Перехід на іншу сторінку	88	85
Натискання кнопки	85	83
Заповнення форми	82	80
Вихід із сесії	78	76
Зміна налаштувань акаунту	72	70

Застосування ланцюгів Маркова для аналізу дій користувачів дозволяє створити працюючу систему моніторингу та прогнозування, що допомагає підвищити рівень персоналізації веб-додатків. Система виявила високі показники точності для базових операцій користувачів, що свідчить про перспективність застосування такого підходу у сфері аналітики поведінки користувачів.

Бібліографічні посилання

1. Rabiner, L. R. (1989). A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition, 257–286.
2. Fadda, D., & Cortis, D. (2011). Applying Markov Chains to Analyze User Behavior in Online Environments. Electronic Commerce Research, 11(2), 123–142.

ПРОБЛЕМА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНИХ СИСТЕМ ВЧОРА ТА СЬОГОДНІ

Рамазанов С. К., *sramazanov@i.ua*

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Центральним і системним завданням усього людства сьогодні є і буде проблема забезпечення стійкого, безпечного і життєздатного розвитку і збереження світової спільноти ! Тому я хочу продовжити сьогодні свої попередні дослідження і розробки по деяких важливих і глобальних науково-технічних і методологічних проблемах моделювання, прогнозування, управління і прийняття рішень в складних слабо структурованих і інтегрованих системах (у області конвергентних технологій), зокрема, еколого-економічних, соціально-гуманітарних системах і процесах. Сьогодні складність, нелінійність і хаос, цикли і кризи не є неминучими умовами розвитку. Це результат нашого незнання закономірностей еволюції людського співтовариства. Динамічність, багатогранність і непередбачуваність процесів у сучасному світі обумовлює актуальність рішення завдань, що характеризуються слабо структурованістю, невизначеністю цілей, структур і параметрів. Світ, у якому ми живемо, нелінійний та синергетичний. Він розвивається, нестійкий, необоротний, нерівноважний, нестабільний і нелінійний. Це світ еволюційних трансформацій, катаклізмів, катастроф. Стійкий розвиток - складний процес із найвищим рівнем невизначеності. В умовах цифрової трансформації економіки ще більш актуальним є створення загальної концепції, принципів, методологій, методів, моделей і інформаційних технологій і систем прийняття управлінських рішень для стійкого, безпечного і життєздатного розвитку економіки, екологічної економіки і соціально-гуманітарних систем [1-4]. Глибока системна криза, в якій виявилася сьогодні світова спільнота в цілому і Україна особливо, примушують переосмислити багато стратегій, підходи, плани і надії.

Важлива тому соціалізація, гуманізація, екологізація та цифровізації усієї економіки і, отже, актуальна проблема моделювання і прогнозування СЕЕС з гуманітарними складовими, тобто, СЕЕГС [3].

Вперше запропоновано загальну схему «5-ї єдиної» інтегрованої ноосферної моделі сталого і безпечного розвитку (НМСБР) в просторі $(ESTI, t)$, об'єднуючи моделі політичного, еколого-економічного і соціально-гуманітарного підсистем розвитку у вигляді інтегратора: $S = E_0 \oplus E_n \oplus E_c \oplus S_o \oplus H_u \oplus (ESTI, t)$, причому тут: E_0 – політична підсистема, E_c – економічна підсистема, E_n – екосфера, S_o – соціальна сфера, H_u – гуманітарна сфера, а $ESTI$ – education, science, technology, innovation або, зокрема, R&D.

Висновок. Представлені загальні проблеми безпечного і сталого розвитку в умовах системних криз і цифровізації економіки. Підкреслено актуальність і важливість інтеграції і розвитку конвергентних технологій в аналізі, моделюванні, прогнозуванні та управлінні сучасними нелінійними системами.

Бібліографічні посилання

1. Рамазанов С.К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами. Монографія / С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
2. Рамазанов С.К., Бурбело О.А., Вітлінський В.В. и др. Ризики, безпека, кризи і сталий розвиток в економіці: методології, моделі, методи управління та прийняття рішень. Монографія / Під заг. ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 948 с.
3. Інформаційно-інноваційні технології управління в еколого-економічних системах. Монографія. За заг. ред. проф. С. К. Рамазанова. – Київ: КНЕУ ім. В. Гетьмана, 2020. – 464 с.

**МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РІВНЯ
КОМПЕТЕНТНОСТІ ГРУПИ ЕКСПЕРТІВ ПРИ ВИРІШЕННІ
ДЕЯКИХ ВАЖКО ФОРМАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧ**

Сазіна Н. П., *sazinana@ukr.net*

*Інститут технічної механіки Національної академії наук України і
Державного космічного агентства України*

Використання методів експертних оцінок істотно полегшує рішення важко формалізованих задач. Ключовими ознаками таких задач є значні труднощі у виконанні формалізованого (математичного) опису задачі та відсутність необхідного обсягу коректних (прийнятної якості) вихідних даних. До числа таких належить й задача оцінки очікуваного цільового ефекту від експлуатації створюваних складних технічних систем спеціального й подвійного призначення. Однак при застосуванні методів експертних оцінок на результат рішення накладається суб'єктивний фактор. На теперішній час розроблено ряд методичних прийомів, що дозволяють знизити вплив суб'єктивного фактору на якість прийнятих рішень. Актуальною є задача розробки методу кількісної оцінки компетентності експертів за результатами експертного оцінювання при вирішенні задач визначення ефективності унікальних, технічно складних систем спеціального й подвійного призначення, зокрема, ракетно-космічних систем.

Для таких задач визначення компетентності експерта лише за фактографічною інформацією про нього явно недостатньо. Експертна інформація повинна використовуватися з урахуванням рівня компетентності кожного члена експертної групи стосовно об'єкта експертної оцінки та задачі, яка вирішується.

Запропоновано проводити кількісну оцінку компетентності експертів у два етапи. На першому етапі, при формуванні складу експертної групи, проводити попередню оцінку компетентності експертів за їх

фактографічними даними. На другому етапі, перед розрахунком очікуваних значень показників цільової ефективності, проводити уточнений розрахунок компетентності експертів за розробленою методикою. Розроблено метод кількісної оцінки компетентності експертів, заснований на оцінці кваліфікації експертів.

З метою усунення випадків прийняття самих точних експертних оцінок за аномальні при високому рівні погодженості експертних оцінок у процесі експертного оцінювання економічної й цільової ефективності ракетно-космічних систем запропоновано застосування матриці рангів, побудованої на основі часткових критеріїв технічної ефективності та додаткових факторів непрямого контролю. Математична модель побудована виходячи з аксіоматичного твердження, що "істинні" значення оцінки значимості оцінюваних об'єктів експертизи лежать усередині області значень експертних оцінок. При визначенні значень коефіцієнтів компетентності експертів застосовуються ітераційні процедури. До розробленої математичної моделі кількісної оцінки компетентності експертів включено параметри налаштування моделі на конкретні умови проведення експертного оцінювання (шкали вимірів; конкретні обмеження й так далі).

Математичної моделі може бути використана для розробки комп'ютерної програми визначення компетентності експертів за результатами експертного оцінювання таких складних технічних систем як об'єкти ракетно-космічної техніки.

Бібліографічні посилання

1. Алпатов А. П., Марченко В. Т., Сазіна Н. П. Кількісна оцінка рівня ризику збільшення витрат на розробку зразків космічної техніки. Технічна механіка. 2022. №4. С. 51–66.
2. Алпатов А. П., Марченко В. Т., Хорольський П. П., Сазіна Н. П. Методологічні аспекти фінансово-економічного обґрунтування концептуальних завдань космічної галузі. Космічна наука і технологія. 2014. Т. 20, № 6 (91). С. 49–59.
3. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – Наук. думка, 2002. – 382 с.

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ЕЛІПСОЇДАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ

Сальніков М.М., *salnikov.nikolai@gmail.com*

Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України

Задачі оцінювання можна звести до задач оцінювання стану динамічних систем. При нестохастичній, наприклад, теоретико-множинній постановці, коли відносно невизначених величин відомі тільки множини їх можливих значень, розв'язання задач оцінювання зводиться до побудови так званих інформаційних множин, які гарантовано містять змінні, що оцінюються. Метод еліпсоїдального оцінювання (МЕО) полягає у побудові інформаційних множин у вигляді багатовимірних еліпсоїдів, які гарантовано містять вектор оцінюваних величин, з використанням математичної моделі об'єкта та вимірювання його вхідних і вихідних змінних. МЕО можна розглядати як метод розв'язання нерівностей, при якому еліпсоїд містить множину розв'язків цих нерівностей.

Коли порушуються апріорні припущення про значення невизначених величин задачі може виникати ситуація, при якій немає перетину інформаційних множин та алгоритм оцінювання зупиняється. При використанні еліпсоїдів природний та евристичний підхід розширення еліпсоїда до його перетину з інформаційною множиною отримав свій формальний розвиток в [1]. В [2] на прикладі розв'язання задачі оцінювання параметрів лінійної регресії було досліджено збіжність такої модифікації МЕО. Виявилось, що ця модифікація не тільки мала властивість грубості по відношенню до порушення апріорних гіпотез, але й суттєво перевершувала класичний алгоритм МЕО – за швидкістю збіжності, точністю та обчислювальними витратами. Зокрема, було показано, що такий МЕО є аналогічним методу проектування зі змінною метрикою на інформаційні множини, що пов'язані з вимірами. У роботі [3] ця модифікація використана для оцінювання вектора стану динамічних

систем, зокрема нелінійних.

У цій роботі досліджуються властивості алгоритму, в якому реалізовано один із варіантів згаданої ідеї розширення еліпсоїда. Запропоновано при виникненні несумісності розширювати еліпсоїд до його занурення в інформаційний шар на фіксовану глибину, яка є додатковим параметром алгоритму. Властивості такого алгоритму МЕО істотно залежать від цього параметру. Основну увагу в роботі приділено аналізу роботи МЕО із цією модифікацією при виникненні несумісності. Встановлено, що при режимі несумісності збіжність відповідного алгоритму може бути досить високою, зокрема, за скінченне число кроків, що дорівнює розмірності задачі. Для одержання такого режиму достатньо брати початковий еліпсоїд у формі кулі з малим діаметром (що відповідає необхідній точності оцінювання параметрів). При цьому не обов'язково, щоб апіорний еліпсоїд містив оцінюваний вектор параметрів. Отримані нові властивості алгоритму ілюструються за допомогою чисельного моделювання.

Бібліографічні посилання

1. Волосов В.В., Тютюнник Л.И. Разработка и исследование робастных алгоритмов гарантированного эллипсоидального оценивания состояния многомерных линейных дискретных динамических систем. Часть I. Проблемы управления и информатики, 1997, № 4. – С. 31–43.
2. Сальников Н.Н. Об одной модификации алгоритма оценивания параметров линейной регрессии с помощью эллипсоидов // Проблемы управления и информатики. – 2012. – № 2. – С. 65-81.
3. Сальников Н.Н. Эллипсоидальное оценивание состояния и параметров динамической системы при отсутствии априорной информации об оцениваемых величинах // Проблемы управления и информатики. – 2014. – № 2. – С. 144–156.

ОЦІНКИ ШВИДКОСТІ ЗБІЖНОСТІ НОВИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ

Семенов В.В., *semenov.volodya@gmail.com*

Коваленко О.Ю., *alexandra.kovalenko@gmail.com*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У повідомленні розглянуто варіаційні нерівності в 2-рівномірно опуклому та рівномірно гладкому банановому просторі та два нові методи їх наближеного розв'язання – варіанти алгоритму екстраполяції з минулого [1] та алгоритму операторної екстраполяції [2], що використовують узагальнену проекцію Альбера замість метричної.

Ітерації даних алгоритмів дешевші за ітерацію відомого екстраградієнтного алгоритму за кількістю обчислень значень оператора.

Доведено теореми збіжності, сублінійні та лінійні неасимптотичні оцінки швидкості збіжності алгоритмів. Отримані результати є новими та уточнюють відомі.

Робота виконана за підтримки МОН України (проєкт «Математичне моделювання та оптимізація динамічних систем для оборони, медицини та екології», 0119U100337) та НАН України (проєкт «Нові субградієнтні та екстраградієнтні методи для негладких задач регресії», 0124U002162).

Бібліографічні посилання

1. Semenov V.V., Denisov S.V. Convergence of the Method of Extrapolation from the Past for Variational Inequalities in Uniformly Convex Banach Spaces. Cybernetics and Systems Analysis. 2022. Vol. 58. Issue 4. P. 564-575.
2. Semenov V.V., Denisov S.V., Sandrakov G.V., Kharkov O.S. Convergence of the Operator Extrapolation Method for Variational Inequalities in Banach Spaces. Cybernetics and Systems Analysis. 2022. Vol. 58. Issue 5. P. 740-753.

МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАГАТОСКЛАДОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ПРИРОДОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Симонов Д.І., denys.symonov@gmail.com, **Заїка Б. Ю.**,
zaikabohdan5@gmail.com, **Симонов Є.Д.**, e.symonov@gmail.com,
Літвін А.А., litvin_ayu@ukr.net, **Фесенко М.Б.**, clnt_49@ukr.net
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ

Розглянемо природотехнічні системи як фрактальні ієрархії, де кожен рівень управління може бути представлений фрактальними функціями для виявлення закономірностей, що проявляються на різних масштабах. Модель базується на концепціях фрактальних функцій, масштабованості та ієрархічних структур. Кожен рівень ієрархії може бути описаний за допомогою фрактальних функцій, що враховують зв'язок між різними масштабами процесів. Загальний стан системи на момент часу t можна представити як суму впливів усіх рівнів ієрархії: $X(t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i F_i(t)$, де α_i – вагові коефіцієнти, що відображають важливість кожного рівня управління; F_i – фрактальна функція для i -го рівня ієрархії.

Кожна фрактальна функція F_i характеризується параметром Херста (H_i), що визначає міра залежності процесів на відповідному рівні управління. Якщо $H_i \geq 0,5$, процес має довгу пам'ять, тоді як при $H_i < 0,5$ спостерігається антиперсистентність. Фрактальна функція може бути записана як: $F_i(t) = \int_0^t (t - \tau)^{H_i-1/2} dW_i(\tau)$, де $W_i(\tau)$ – вінерівський процес, що моделює випадкові коливання на i -му рівні.

Основною властивістю цієї моделі є масштабна інваріантність. Це означає, що поведінка системи на великих масштабах часу (наприклад, стратегічне управління) є відображенням сукупності локальних процесів (тактичного та оперативного управління). Ця властивість моделюється

рівнянням: $F_{i+1}(t) = \alpha_i F_i(\beta t)$, де β – коефіцієнт масштабування часу між рівнями.

Завдання оптимального управління у фрактальній структурі полягає у знаходженні таких вагових коефіцієнтів α_i , щоб мінімізувати

функціонал витрат: $J = \int_0^T [X(t) - X_{plan}(t)]^2 dt + \lambda \sum_{i=1}^N \alpha_i^2$, де X_{plan} –

планований стан системи; λ – коефіцієнт регуляризації, що запобігає надмірному впливу окремих рівнів управління.

Математична модель фрактальної структури процесів управління описує складні природотехнічні та кібер-фізичні системи як багаторівневі ієрархії. Використання фрактальних функцій дозволяє враховувати масштабну інваріантність і самоузгодженість управлінських процесів. Ця модель допомагає виявляти закономірності на різних рівнях ієрархії та оптимізувати управління складними системами.

Бібліографічні посилання

1. Симонов, Д. І., & Заїка, Б. Ю. (2024). Моделювання управління складними інформаційними багатокомпонентними системами. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика», 44(1), 168–174. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44\(1\).168-174](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44(1).168-174)
2. Symonov, D., Symonov, Y. (2024). Methods for selecting models of functioning of multicomponent information and environmental systems. Scientific Journal «Mathematical Modeling», Vol. 1, No 50, P. 57-63. DOI: 10.31319/2519-8106.1(50)2024.304943
3. Shan S., Zhang Z., Ji W., Wang H. Analysis of collaborative urban public crisis governance in complex system: A Multi-agent Stochastic Evolutionary Game Approach. Sustainable Cities and Society. 2023. Vol. 91. P. 104418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104418>

ПРО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНУ СТРАТЕГІЮ КЕШУВАННЯ ДАНИХ У ASP.NET ВЕБ-СЕРВІСАХ

Сімакін С.К., *simakin_s@365.dnu.edu.ua*

Божуха Л.М., *bozhukha_l@365.dnu.edu.ua*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Ефективне кешування є ключовим фактором у забезпеченні високої продуктивності веб-сервісів. Традиційні методи кешування в ASP.NET використовують статичний час життя кешу (TTL) та прості правила для вирішення питання про необхідність кешування даних. Ці методи не враховують динамічні зміни в поведінці користувачів та частоту оновлення даних, що може призводити до надання застарілої інформації або неефективного використання ресурсів. Недоліками статичних правил кешування є неврахування контексту (фіксовані правила не враховують специфіку окремих даних або запитів) та неадаптивність (система не реагує на зміни в реальному часі).

Актуальним напрямом дослідження є формування стратегії кешування з інтелектуальним управлінням TTL, яка використовує методи машинного навчання для прогнозування оптимального TTL та визначення необхідності кешування конкретних даних. Побудова такої стратегії кешування дозволить забезпечити актуальність даних, зменшити навантаження на сервери та покращити швидкість відгуку додатків. У контексті динамічної моделі, де дані та їхня динаміка постійно змінюються, пропонується використовувати методи онлайн-навчання або стрімінгового машинного навчання. Це дозволяє моделі адаптуватися до нових даних у режимі реального часу без необхідності повного перенавчання.

При побудові моделі потрібно прийняти до уваги основні аспекти: потокова обробка даних (модель отримує дані та оновлює свої параметри в реальному часі); мінімальний час на підготовку даних (оскільки дані

надходять у режимі реального часу, підготовка обмежується необхідними перетвореннями, такими як масштабування чи кодування категоріальних змінних, які можуть бути автоматизовані); адаптивність моделі (модель швидко реагує на зміни в шаблонах даних, забезпечуючи актуальність прогнозів).

Для реалізації поставленої задачі пропонуються до використання: онлайн алгоритми машинного навчання (зокрема, онлайн-градієнтний спуск, Hoeffding Trees, алгоритми на основі стохастичного градієнтного спуску); технологія Apache Kafka для передачі та обробки потоків даних у реальному часі; вбудовані механізми для обробки вхідних даних з мінімальною затримкою для автоматизованої підготовки даних.

Для інтеграції з ASP.NET запропоновано створення проміжного програмного забезпечення, яке інтегрується в пайплайн обробки запитів і взаємодіє з моделлю в реальному часі (Middleware компоненти); розроблення високопродуктивного інтерфейсу для взаємодії веб-сервісу з моделлю машинного навчання (API для моделей ML); розширення існуючих механізмів кешування з можливістю динамічного управління TTL на основі прогнозів моделі (модуль кешування з динамічним TTL).

Запропонована стратегія кешування з інтелектуальним управлінням TTL має потенціал суттєво покращити продуктивність веб-сервісів, забезпечити актуальність даних та оптимізувати використання ресурсів.

Використання машинного навчання в режимі реального часу дозволить системі адаптивно реагувати на зміни без необхідності складної підготовки даних.

Бібліографічні посилання

1. Microsoft Docs. Caching in .NET. [Електронний ресурс]. <https://learn.microsoft.com/uk-ua/dotnet/core/extensions/caching>
2. EasyCaching. .NET cache provider library. [Електронний ресурс]. <https://easycaching.readthedocs.io/en/latest/#provider>

РОЗРОБКА ТА ТРЕНУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ НА ОСНОВІ EFFICIENTNET: МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ, АУГМЕНТАЦІЇ ТА АНАЛІЗ СТАБІЛЬНОСТІ НАВЧАННЯ

Соломатін В.А., *mcsol2018@gmail.com*, Байбуз О.Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У даній роботі представлено підхід до класифікації зображень за допомогою архітектури EfficientNet [1], який дозволяє забезпечити високу точність у двох класовій задачі класифікації. Робота складається з етапів підготовки даних, аугментації, визначення архітектури нейронної мережі та навчання моделі. Для забезпечення ефективної реалізації використано набір сучасних бібліотек: TensorFlow та Keras для створення та навчання нейронної мережі; бібліотеки для попередньої обробки даних, візуалізації, оцінки результатів та аугментації зображень.

Завантаження зображень: Створено функцію для автоматизованого завантаження зображень із директорій, що включає зчитування, масштабування до розміру $224 \times 224 \times 224$ та нормалізацію значень пікселів.

Розподіл на класи: Зображення структуровані за класами відповідно до директорій, які відображають класи об'єктів пацієнтів з ішемією та здорових.

Застосовано аугментацію [2] даних з використанням наступних методів що включає в себе обертання на випадкові кути (до 20 градусів), Зміщення по ширині та висоті (до 20% від початкових розмірів), масштабування та горизонтальне віддзеркалення та заповнення порожніх областей за допомогою методу nearest. Модель класифікації побудовано на основі архітектури EfficientNetB0. Вхідний шар приймає зображення розміром $224 \times 224 \times 224$ та Вихідний шар налаштований для двокласової класифікації. Для оптимізації навчання використовувалась функція втрат categorical_crossentropy та оптимізатор Adam, що забезпечує високу швидкість збіжності.

Процес навчання включає використання генераторів даних для тренувального та валідаційного наборів із розміром батчу 20, 20 епох тренування, що достатньо для збіжності моделі в межах дослідження.

До висновків можна віднести Ефективність моделі: Модель на основі EfficientNet показує потенціал для розв'язання задачі класифікації рентгенівських знімків. Проте коливання тренувальної втрати свідчать про необхідність вдосконалення моделі або процесу навчання для покращення її узагальнюючої здатності. Необхідність оптимізації: Переобучення можна зменшити за рахунок регуляризації, додаткової аугментації даних, зменшення розміру моделі, або збільшення кількості тренувальних даних.

Попередня обробка: Важливість високоякісної підготовки даних та аугментації підтверджується стабільною валідаційною втратою. Це свідчить про те, що підготовлені дані мають відповідну якість для тренування нейронної мережі. До перспективи можемо віднести: Оптимізацію архітектури: Розглянути можливість застосування інших архітектур нейронних мереж або модифікації EfficientNet для досягнення більш стабільного навчання. Розширення набору даних: Збільшення розміру та варіативності набору даних може допомогти знизити ризик перенавчання та підвищити точність класифікації. Поглиблений аналіз метрик: Окрім графіків втрат, варто аналізувати додаткові метрики, такі як точність, специфічність, чутливість, а також матрицю похибок для оцінки якості класифікації. Реальне використання: Модель може бути впроваджена для автоматичного виявлення патологій на рентгенівських знімках, що скоротить час діагностики та підвищить її точність. Важливо також проводити клінічні випробування, щоб оцінити ефективність моделі в реальних умовах.

Бібліографічні посилання

1. Tan, M., & Le, Q. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. In Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (pp. 6105-6114). PMLR. <https://proceedings.mlr.press/v97/tan19a/tan19a.pdf>
2. Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A Survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. Journal of Big Data, 6(1), 60. <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0197-0>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТРАЄКТОРІЙ ТВЕРДОПАЛИВНОГО РАКЕТНОГО ОБ'ЄКТА

Сюткіна-Дороніна С. В., *svetasut2012@gmail.com*

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і

Державного космічного агентства України

Сучасний етап розвитку ракетної техніки характеризується значним ускладненням всіх типів нових ракетних та космічних систем і, відповідно, значними витратами часу і ресурсів на їх створення.

У науково – технічній літературі наведено процес проєктування керованих ракет з ракетним двигуном твердого палива (РДТП), обговорено аеродинамічні технології крилатих та безкрилих конфігурацій, розглянуто концептуальне проєктування прямоточних і турбореактивних ракетних двигунів, проаналізовано методи для прогнозування дальності дії керованих ракет, швидкості та часу польоту а також маневреності та відхилення від осі прицілювання.

Необхідність врахування цих факторів на початковому етапі проєктування ракетної техніки сприяло розробці комплексу математичних моделей для розрахунку габаритно-масових, енергетичних, аеродинамічних характеристик керованого ракетного об'єкта, для визначення балістичних характеристик, програм керування і параметрів руху ракетного об'єкта на різних ділянках польоту для балістичних і аеробалістичних траєкторій.

На основі цієї комплексної моделі розроблено методичне забезпечення, що дозволяє проводити оперативний аналіз балістичних та аеробалістичних траєкторій для різних аеродинамічних конструкцій і схем польоту оперативно-тактичних ракет різних країн-виробників.

Методичне забезпечення застосовано для оптимізації проєктних та траєкторних параметрів і програм керування рухом ракетного об'єкта зі стартовою масою 1320 кг та масою головної частини 160 кг за критерієм

максимізації дальності траєкторій. Розглядається керована ракета нормальної схеми без крил із заднім розташуванням аеродинамічних рулів.

За дальністю польоту керованої ракети було оптимізовано дві траєкторії з похилим стартом: балістична траєкторія з нульовим кутом атаки дальністю $L = 319,437$ км; балістична траєкторія з ненульовим кутом атаки дальністю $L = 422,837$ км.

Як показали результати розрахунків, політ ракетного об'єкта за балістичною траєкторією з ненульовим кутом атаки на останніх пасивних ділянках траєкторії дозволив збільшити дальність на ~ 103 км.

Виконано оптимізацію проєктних параметрів і програм керування ракетного об'єкта з однорежимним і дворежимним РДТП при польоті за балістичними траєкторіями.

За результатами моделювання застосування дворежимного РДТП в порівнянні з однорежимним РДТП при однаковій стартовій масі і масі головної частини ракетного об'єкта дозволить збільшити дальність польоту з $422,837$ км до $441,845$ км.

Таким чином, показано, що оптимальне значення дальності польоту ракетного об'єкта суттєво залежить від середнього тиску в камері згоряння, ступеня дроселювання тяги маршового двигуна і коефіцієнта початкової тягоозброєності. Разом з тим додаткова оптимізація параметрів траєкторії дозволяє збільшити дальність польоту ракетного об'єкта.

Бібліографічні посилання

1. V. S. Senkin and S. V. Syutkina-Doronina, On the Issue of Choice of the Parameter Optimization Method for a Guided Missile, Science and Innovation, Volume 16(3), p. 50 – 64, 2020, DOI: 10.15407/scine16.03.050
2. Сюткіна-Дороніна С. В. Визначення програми керування кутом тангажа твердопаливного ракетного об'єкта / С. В. Сюткіна-Дороніна // Технічна механіка. – 2023. – № 3. – С. 18 – 34.

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

Тачиніна О.М.¹, *tachinina5@gmail.com*,

Кутєпов В.О.¹, *vladcorvt@gmail.com*

Лисенко О.І.², *lysenko_home@ukr.net*

¹Національний авіаційний університет

²Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ефективність виконання поставлених завдань, безпека польоту, експлуатаційна придатність і ряд інших, не менш важливих якостей безпілотного літального апарату (БПЛА), значною мірою визначаються здатністю системи автоматичного керування (САК) виконувати свої функції, яка в свою чергу буде залежати від вибору коригувальних пристроїв. В результаті розвитку обчислювальної техніки широкого поширення набули цифрові коригувальні пристрої (цифрові регулятори).

Цифрові регулятори дозволяють застосовувати складні алгоритми керування, такі як адаптивні, оптимальні та інтелектуальні методи, що підвищує загальну ефективність і автономність БПЛА [1].

Тому синтез цифрових регуляторів є ключовим завданням в розвитку сучасних систем керування БПЛА, що забезпечує їх надійність, точність і ефективність в умовах реальних експлуатаційних задач, а налаштування параметрів цифрового регулятора є актуальною науковою задачею.

Бібліографічні посилання

1. Tachinina O., Lysenko O. and all. Methodology of Energy-Efficient Algorithmic Modernization of Dynamic Characteristics of Digital Electric Drives of Mechatronic Devices for Small Civil Aviation. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 736. Springer, Cham. 2023. pp 152–165.

ПРО ПРИРОДУ УНІВЕРСАЛЬНОСТІ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРИКИ ТА КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Тимофієва Н.К., *TymNad@gmail.com*

МННЦ ITiC НАН та МОН України

Вступ. В комбінаториці та комбінаторній оптимізації існують універсальні методи та алгоритми, кожен з яких дозволяє розв'язувати задачі різних класів. Множини комбінаторних конфігурацій різних типів можуть впорядковуватися за однією і тією ж обчислювальною схемою або модифікацією одного і того ж алгоритму, наприклад [1]. Така універсальність оговорених методів та алгоритмів пов'язана з подібністю задач різних класів.

Постановка задачі. Для виявлення подібності різних класів задач як з комбінаторики, так і комбінаторної оптимізації необхідно встановити ознаки подібності, за якими розробляються універсальні методи та алгоритми.

Основна частина. Багато задач комбінаторної оптимізації з різних класів подібні за своєю природою. Завдяки цій властивості вони розв'язуються одним і тим же методом чи модифікацією одного і того ж алгоритму. Подібність встановлюється завдяки виявленим спільним ознакам цих задач. Цими ознаками може бути аргумент цільової функції, яким є комбінаторні конфігурації одного і того ж типу. Наприклад, задачі комбінаторної оптимізації, в яких аргументом цільової функції є перестановка, подібні за цією ознакою (задача комівояжера, розміщення одногабаритних модулів, задача про призначення тощо). Для їхнього розв'язання використовують одні і ті самі методи чи модифікацію одного і того ж алгоритму. Деякі задачі комбінаторної оптимізації, які належать різним класам, за аргументом цільової функції розділяються на подібні підзадачі, які розв'язуються за однією обчислювальною схемою. Встановлення подібності різних задач комбінаторної оптимізації дозволяє

узагальнити та використовувати для їхнього розв’язання універсальні ефективні підходи, які дають можливість знаходити глобальний або наближений до глобального результат. Вивчення та використання цієї властивості в комбінаторній оптимізації в подальшому дозволить зводити нерозв’язні задачі до розв’язних.

Розглянемо комбінаторні конфігурації. За способом утворення розділимо їх на прості та комбіновані. Прості комбінаторні конфігурації утворюються одним і лише одним типом рекурентних комбінаторних операторів, наприклад розбиття числа, бінарні послідовності, перестановки. Комбіновані комбінаторні конфігурації в своїй множині утворюються кількома рекурентними комбінаторними операторами. Наприклад, генерування розбиття n -елементної множини на підмножини проводиться алгоритмом розбиття числа та генеруванням перестановок. Упорядкування розміщення без повторень та з повтореннями проводиться алгоритмами генерування сполучень та перестановок. З цього випливає, що подібні між собою бінарні послідовності та сполучення без повторень; розбиття n -елементної множини на підмножини та розбиття натурального числа і перестановки; розміщення без повторень (з повтореннями) і сполучення без повторень (з повтореннями) та перестановки.

Висновок. Отже, задачі комбінаторної оптимізації різних класів, а також множини комбінаторних конфігурацій – подібні, якщо вони розв’язуються за однією і тією ж обчислювальною схемою або модифікацією одного і того ж алгоритму. Ці підходи є універсальними.

Бібліографічні посилання

1. Тимофієва Н.К. Про подібність задач комбінаторної оптимізації та універсальність алгоритмів *Системні дослідження та інформаційні технології*. – 2013. – № 4. – С. 27–37.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОБАСТНО-ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МОРСЬКИМИ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Тимченко В.Л., *vl.timchenko58@gmail.com*

Горбов В. Ю., *volodymyr.horbov@gmail.com*

Демідов І. А., *admildemidov@gmail.com*

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Ефективність керування різного типу автономними морськими рухомими об'єктами (надводними морськими дронами, квадаторними БПЛА) при виконанні задач навігаційного, екологічного та інших видів моніторингу морських акваторій; рятувальних операцій; стабілізації на траєкторіях з непередбачуваними перешкодами і таке інше, забезпечується застосуванням методів робастно-оптимального керування [1-3].

Робастно-оптимальні системи змінної структури [2,3] засновані на попередньому формуванні траєкторій для прямих умов оптимальності, визначенні моментів перемикавання та синтезу функцій керування, що забезпечують задані траєкторії стабілізації об'єктів керування, а також робастній корекції з урахуванням неповної інформації про фізичну систему.

Робастність керування до неповної визначеності об'єкта, дії неконтрольованих зовнішніх та параметричних збурень, досягається за рахунок введення корегування на основі неузгодженості поточної та оптимальної траєкторії стабілізації, та реалізує вимоги мінімізації помилок керування та їх похідних. Для виконання поставлених завдань автономні морські об'єкти повинні забезпечити маневрування з необхідними показниками (економічності, точності та швидкодії), з урахуванням впливу нерегулярного морським хвилюванням та повітряних потоків з можливою шквальною зміною швидкості та напрямку вітру.

При моделюванні режимів руху необхідно враховувати перешкоди морської акваторії, в тому числі за допомогою локальної системи відліку

на основі електронних географічних карт. Актуальність використання локальних координатних систем для навігаційних задач морських рухомих об'єктів обумовлена необхідністю: точного позиціонування з урахуванням особливостей акваторії; оптимізації обчислень на обмежених територіях в реальному часі; інтеграції з глобальними системами (GPS). На рис. 1 представлено маршрут об'єкту за допомогою GPS (а) та траєкторії квадрокоптеру (б) та надводного дрону (в) в локальних координатах.

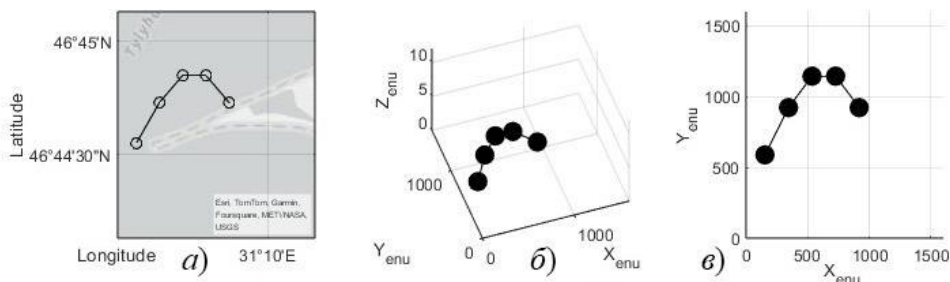


Рис. 1. Маршрут GPS (а); траєкторії квадрокоптеру (б) та надводного дрону (в).

Моделювання процесів стабілізації та маневрування морських рухомих об'єктів в умовах випадкових збурень демонструє необхідну точність керування сформованої оптимальної траєкторії об'єкту. Запропонований підхід дозволяє моделювати робочий рух з урахуванням фактичної обстановки акваторії, що дає повноту даних результатів моделювання для різних просторових та геоінформаційних завдань.

Бібліографічні посилання

1. Kuntsevich, V.M.: Synthesis of Robust Optimal Adaptive Control Systems for Nonstationary Objects under Bounded Disturbances. In: Journal of Automation and Information Sciences, NY, Beg. H. Inc., v.36 (3), pp.14–24 (2004).
2. V.L. Timchenko, D.O. Lebedev, Algorithmic Procedures Synthesis of Robust-Optimal Control for Moving Objects, In Book: *Recent Developments in Automatic Control Systems*, Series in Automation, Control and Robotics, River Publishers, Gistrup 490 p. (2022).
3. V. L. Timchenko, V. Horbov, Robust Stabilization of an Autonomous Marine Vehicle on Programmed Trajectories, Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), K., pp. 101-105. (2023).

ДОЦІЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗВОЛУ ПЕРЕРИВАНЬ В ОДНІЙ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ

Турчина В.А., *vaturchina1949@gmail.com*

Коваленко Є.О., *kovalenko.jenya97@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Деякі прикладні задачі організації інформаційних систем, планування на виробництві, проектування паралельних обчислень, управління проектами тощо можуть бути зведені до задач теорії розкладів [1]. В них передбачається, що за допомогою деякої заданої скінченної кількості ресурсів (приладів, процесорів) виконується задана скінченна множина робіт, на порядок виконання яких можуть бути накладені технологічні обмеження. Одним з найпоширеніших критеріїв оптимальності в таких задачах є мінімізація сумарного часу завершення усіх робіт. При розв'язанні таких задач часто постає питання доцільності та ефективності застосування переривань при виконанні робіт. Для деяких підкласів задач теорії розкладів було доведено, що дозвіл переривань може скорочувати сумарний час виконання робіт в розкладі.

Вплив переривань на оптимальність тісно пов'язаний з тим, які саме обмеження на порядок виконання робіт задані в конкретній задачі. Технологічні обмеження зручно задавати у вигляді орієнтованого ациклічного графа $G(V, U)$, $|V| = n$. Для графів довільної структури деякі задачі відносяться до NP -повних, тому доцільно виділяти підкласи графів, що дозволяють отримати прийнятні для практичних задач результати за поліноміальний час. В попередніх дослідженнях проводився пошук саме таких підкласів [2]. Зокрема були проаналізовані паралельно-последовні графи, повні дводольні, дерева-зірки та випадки, коли $U = \emptyset$.

Прикладні задачі, які породжують графи таких структур, мають різну природу, відповідно моделі відображають різні види технологічних процесів. Повними дводольними графами можуть моделюватися прикладні

задачі, в яких технологічні процеси передбачають, що комплекс робіт розділений на етапи. Тільки після того, як всі роботи на певному етапі виконано, можуть починати виконуватися роботи з наступного етапу. Прикладом такої організації робіт є харчове виробництво, де на першому етапі відбувається підготовка сировини та напівфабрикатів, а на другому виготовлення продукції. Структуру паралельно-послідовного графа мають моделі технологічних процесів, в яких виконання частин робіт періодично перемежовується контролем якості або тестуванням. Наприклад, це може бути процес розробки, в якому деякий функціонал на певних етапах розробляється, після чого він має бути протестований. Потім залежно від результатів тестування він може повертатися на доопрацювання, або ухвалюватися. Якщо технологічний процес являє собою особливу лінію збірки, в якій виготовляється множина деталей, які наприкінці збираються в готовий виріб, то його можна представити у вигляді вхідної зірки. Навпаки, якщо відбувається процес утилізації, то першою виконується робота по розбору виробу на складові, після чого кожна з них утилізується окремо, наприклад в залежності від матеріалу, з якого виготовлена.

Таким чином дослідження задач теорії розкладів, в яких орграфи мають структуру спеціального виду представляє не тільки теоретичний інтерес, адже можуть бути застосовані до моделювання реальних систем та виробничих процесів. Враховуючи, що для цих класів графів доведена ефективність дозволу переривань, доцільно розглянути можливість їх застосування і до відповідних виробничих процесів.

Бібліографічні посилання

1. Trietsch D., Baker K. R. Principles of Sequencing and Scheduling. Wiley & Sons, Limited, John, 2018. 656 p.
2. Коваленко Є.О., Турчина В.А. Аналіз впливу структури графів на оптимальність розв'язку задач паралельного упорядкування з перериваннями. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. 2021. Вип. 21. С. 130-137.

ПРО АНОМАЛЬНІ ВИПАДКИ В ЗАДАЧАХ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Турчина В.А., Малієнко О.О., *chelpanovaolha@gmail.com*

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасних енергетичних системах існує необхідність в оптимальному управлінні споживанням електроенергії для забезпечення максимально ефективного використання доступних ресурсів. Однак, навіть при покращенні початкових умов, таких як збільшення потужності системи або використання відновлюваних джерел енергії, можуть виникати аномалії, - випадки, які призводять до збільшення вартості енергії для споживачів.

У даній роботі розглядається задача динамічного планування енергетичних систем з урахуванням денних і нічних тарифів, а також можливості використання безоплатної сонячної енергії.

Постановка проблеми. При розробці алгоритмів для деяких оптимізаційних задач виникають випадки, коли покращення початкових умов задачі, яке повинно покращити і оптимальне значення цільової функції, дає зворотній результат. Для таких випадків Грехемом було введено поняття аномалії для одного класу задач теорії розкладів [1]. У роботі [2] досліджено появу даних аномалій для узагальнення класичної постановки.

Динамічне планування споживання енергії є важливою складовою управління сучасними енергетичними системами. Основна мета полягає в тому, щоб оптимізувати розподіл доступної електроенергії між споживачами з різними потребами та пріоритетами, зважаючи на змінні умови тарифікації та джерела енергії. Наприклад, лікарні або критична інфраструктура повинна надаватись перевага у порівнянні з іншими менш пріоритетними споживачами. При динамічному плануванні необхідно враховувати змінні умови розподілу енергії, зокрема:

1) вартість енергії змінюється залежно від часу доби: денний та нічний тарифи;

2) існує можливість використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної енергії, яка може бути безкоштовною у певні періоди доби;

3) пріоритетність завдань, яка може змінюватися в залежності від потреб споживачів.

Проте, навіть при покращенні початкових умов, таких як збільшення пропускної здатності системи або встановлення нових джерел енергії, можуть виникати аномалії, а саме: збільшення загальних витрат споживачів.

Розглянемо одну із прикладних задач, для якої можливі аномальні випадки. Для вирішення задачі планування необхідно враховувати пріоритетність завдань та умови тарифікації енергії. Введемо наступні змінні:

- кількість енергії, спожитої на i -му етапі планування (кВт·год);

$P_{\text{ден}}$, $P_{\text{ніч}}$ - тариф на електроенергію за кВт·год у денний і нічний час (грн/кВт·год).

Функція вартості може бути виражена як:

$$C(E) = \sum_{i=1}^n (P_{\text{ден}} * E_i + P_{\text{ніч}} * E_i).$$

У випадку ускладнених умов функція вартості може виражатись таким чином:

$$(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (P_j * E_{ij}), \text{ де}$$

E_{ij} - кількість енергії, спожитої i -м споживачем у період j (кВт·год);

P_j - тариф на електроенергію за кВт·год у період j (грн/кВт·год).

Ця формула дозволяє врахувати як різницю в тарифах на електроенергію залежно від часу доби, так і можливість безкоштовного використання сонячної енергії у денний час.

Для реальних початкових умов, коли вартість електроенергії за денним тарифом дорівнює 4.32 грн/кВт·год, за нічним 2.16 грн/кВт·год та безкоштовна за умови використання сонячної енергії, була змодельована система з трьома розподільчими станціями та десятьма споживачами.

Очікувалося, що додавання сонячної енергії та покращення початкових умов, таких як спрощення технологічних обмежень та зменшення часу використання електроенергії деякими споживачами, призведуть до зменшення загальної вартості. Проте зміщення пріоритетів споживачів змусило одного з них використовувати більшу частину енергії за денним тарифом. Це призвело до збільшення загальної вартості з 194,4 грн до 259,2 грн, що є аномалією, оскільки при покращенні умов, що стосуються вартості та кількості спожитої електроенергії, очікування не справдилися.

Висновки. У задачах динамічного планування в енергетичних системах аномалії можуть виникати навіть при покращенні початкових умов через зміну пріоритетів або інші фактори. На цей факт слід звертати увагу та ретельно враховувати всі аспекти планування при розподілі електроенергії.

Бібліографічні посилання

1. Graham R. L. Bounds on multiprocessing timing anomalies // SIAM J. Appl. Math., 1969. V. 17. P. 416–429.
2. Челпанова О.О. Узагальнення аномальних випадків у задачах упорядкування. / О.О. Челпанова, В.А. Турчина. // Питання прикладної математики та математичного моделювання: зб. наук. пр. Дніпро, 2021. – Вип. 21. – С. 220-226.

ПРОБЛЕМА АВТОРОТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ГВИНТІВ

Фесенко М.Б., *clnt_49@ukr.net*

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Аеродинамика пари повітряний гвинт та крило спрямована на виработку тяги та під'ємної сили. На це витрачається енергія двигуна, яку потрібно постійно возобновляти. Альтернативні возобновляеми джерела енергії, зокрема сонячні батареї, вже використовуються у купі зі малошумними електродвигунами, хоча ще не достатньо широко та не досить ефективно. До вітрогенераторів доки ще черга не дійшла. Відомо тільки одне подібне технічне рішення, коли вітрогенератор встановили на аеростат. Якщо деякі явища за визначеними умовами повторюються досить регулярно, то вони приймають характер закономірності. Відомо, що на великих швидкостях повітряний гвинт перестає виконувати очікувані від нього функції по участі у створенні тяги та під'ємної сили та переходить у так званий режим авторотації. Авторотацію як режим некерованного обертання повітряного гвинта в авіації традиційно відносять до негативних явищ. Тому вже багато років з нею ведуть боротьбу. Для запобігання переходу повітряного гвинта у режим авторотації розроблено низку мір та засобів попередження, наприклад: флюгтірування, керування відстанню повітряного гвинта, заборона пікіювання та інші. Однак поглянемо на проблему авторотації з іншого боку. Чи варто боротися з тим, що може бути корисно? Справа у тому, що обертання повітряного гвинта під впливом повітряного потоку як раз й відповідає переходу його у режим генерації енергії. Тому з цим треба не боротися, а навпаки, це треба використовувати як додаткове джерело енергії для літального апарату.

Метою даної праці є розробка принципа побудови безпілотного літального апарата самольотного типу зі замкнутим робочим циклом

використання енергії. Замкнений робочий цикл припускає одночасне расходування та возобновлення енергії. У даній праці пропонується додатково оснастити беспілотні літальні апарати (БПЛА) бортовими повітряними генераторами та створити умови для їх грамотного використання. Повітряні гвинти повинні мати можливість керованого перемикання від двигуна на генератор, та зворотньо, або вимикатися на деякий час. Ці перемикання кінематичної схеми з одного гвинта на інший має виконувати система керування літального апарату, яка навмисно вводить обрані гвинти у різні режими роботи зі використанням системи датчиків. Інтерференція пари повітряний гвинт та крило для збереження тяги та під'ємної сили має швидко реагувати на ці зміни навантаження. Для цього пропонується зробити крила, або тільки їх несучу частину, здатними виконати поворот на потрібний кут навколо своєї вісі симетрії для досягнення нахилу, відповідного заданому куту атаки. Тобто, для збереження обраного кута атаки керувати можливо не тільки відстанню гвинта, але й нахилом несучого крила відповідно обраного несучим, у даний час, повітряного гвинта. Повітряні гвинти мають бути розташовані по усьому повітряному потоку (так звані вітрогенеруючі енергетичні крила) таким чином, щоб бути здатними працювати у протифазі: доки одні генерують енергію, інші її використовують. Тому літальний апарат має рухатися таким чином, щоб коливання перемикачів дозволяли йому у цілому зберігати потрібні тягу та під'ємну силу на протязі усього польоту. Пропонується використовувати змінні ротори, коли ротор бортового вітрогенератора відключається від вісі обертання повітряного гвинта та відбувається перемикання вісі на режим обертання від ротора електродвигуна, що працює у режимі пропелера; або навпаки. Тобто гвинти одночасно працюють на бортову вітряну електростанцію та БПЛА.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ОРБІТАЛЬНОГО СЕРВІСУ З НЕВІДОМОЮ ФОРМОЮ

Фоков О.А., *oafov@gmail.com*

Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України

Тенденцією розвитку космічної техніки є реалізація наявних та розробка нових проєктів з виконання орбітального сервісу, наприклад з видалення космічного сміття. У якості об'єктів сервісу часто виступають некооперовані об'єкти, які мають небажаний обертовий рух. Сервісній операції, як правило, передують погашення відносного руху об'єкта. Цим обумовлена актуальність досліджень, пов'язаних з вдосконаленням методів бортового визначення параметрів відносного положення та руху об'єкта.

Класичним підходом проблеми визначення просторового положення об'єкта орбітального сервісу (цілі) відносно сервісного космічного апарата (СКА) залишається підхід на основі моно- та стереобачення завдяки перевагам малої ваги та низького споживання енергії. Ще одним основним підходом є навігація на основі датчиків лідар. Джерелом хмар точок поверхні цілі можуть бути як системи на основі лідар, так і системи стереобачення. Перевага віддається першим завдяки їх надійності при змінних умовах освітлення. Найпоширеніші методи на основі цих підходів спираються на виділення ознак цілі та встановленні їх відповідності ознакам моделі цілі. На випадок відсутності моделі цілі можна створювати її шляхом зйомки серії зображень цілі, потім застосовувати «модельні» методи. 3D природа даних хмари точок лідара є сприятливою для оцінки положення цілі без наявності її моделі. В цьому контексті для отримання хмари точок доцільно розглядати застосування лідарів, які за технологією побудови належать до групи датчиків на основі використання матриць детекторів, на зображення яких нема помітного розмиття від руху цілі.

Розроблено метод визначення просторового положення об'єкта орбітального сервісу з невідомою формою поверхні, оснований на обробці

хмар точок поверхні цілі. Припускається, що хмара точок отримана за допомогою встановленого на СКА датчика у вигляді системи на основі лідар. Алгоритм реалізації методу оперує зі спрощеним описом хмари, використовує тільки координати точок хмари без виявлення ознак поверхні. Ідея методу вирішення задачі визначення просторового положення пояснюється наступним. Зі всіх точок хмари, отриманих на певний момент часу, обираються точки, що певною мірою близькі до заданої сукупності площин, розташованими у просторі певним чином. З хмари точок, що відповідає наступному моменту часу, обираються точки, що близькі до тієї ж сукупності площин, але відомим чином переміщеної у просторі. Розташування проєкцій відібраних точок хмар на задані площини умовно назовемо картиною перетину хмар точок з площинами. Змінюючи переміщення сукупності площин намагаємось досягти найбільшого збігу картин перетину першої та другої хмар точок. Міра збігу картин перетину характеризується запропонованою цільовою функцією, аргументи якої є параметрами зміни просторового положення цілі. Параметри переміщення цілі визначаються як аргументи цільової функції, що надають їй максимальне значення. Розглянуто тестовий приклад застосування методу. Для пошуку аргументів цільової функції використаний метод глобальної оптимізації. Розрахунки підтвердили працездатність розробленого методу та виявили межі його застосування. Питання оцінювання обчислювальних витрат не розглядалося. Перевагою методу є його здатність визначати зміну просторового положення об'єкта з невідомою формою поверхні. Запропонований метод визначення параметрів зміни відносного просторового положення цілі може розглядатися як постачальник даних спостереження для процедури фільтрації при оцінюванні параметрів відносного руху цілі з невідомою формою поверхні.

МЕТОД ВЕРХНЬОЇ ТА НИЖНЬОЇ РОЗВ'ЯЗУВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ В ТЕОРІЇ КОНФЛІКТНО-КЕРОВАНИХ ПРОЦЕСІВ

Чикрій А.О., *a.o.chikrii@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Раппопорт Й.С., *jeffrppoport@gmail.com*

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Доповідь присвячена вивченню проблеми зближення керованих об'єктів та стратегій перехоплення цілей в ігрових задачах динаміки. Актуальність цієї проблеми пов'язана з необхідністю теоретичного обґрунтування відомих проєктувальникам ракетної та космічної техніки методу кривої погоні Л. Ейлера, методу пропорційної навігації, методу переслідування за променем і, зокрема, паралельного зближення.

Запропоновано новий підхід до формування стратегій керування у проблемі зближення конфліктно-керованих об'єктів. Розроблено дві модифікації першого прямого методу Понтрягіна для стробоскопічної стратегії в класі контркерувань, коли не виконується класична умова Понтрягіна [1, 2].

Розглянуто нижню розв'язувальну функцію, що відіграє ключову роль у формулюванні результатів і в загальному випадку може бути визначена з урахуванням функціонала Мінковського деякого багатозначного відображення.

Введено верхню розв'язувальну функцію, що в загальному випадку може бути визначена через обернений функціонал Мінковського деяких багатозначних відображень. Запропоновано модифіковану схему методу розв'язувальних функцій, що забезпечує завершення конфліктно-керованого процесу в класі квазістратегій і контркерувань, коли умова Понтрягіна не виконується [2].

Розглянуто проблему зближення керованих об'єктів із різною інерційністю в ігрових задачах динаміки [3]. Для керованих об'єктів з

різною інерційністю характерним є те, що на деякому інтервалі часу не виконується умова Понтрягіна. Для розв'язання проблеми введено спеціальні багатозначне відображення і матрична функція для вирівнювання ресурсів керування гравців, а потім додатковий ресурс компенсується за рахунок тілесної складової циліндричної термінальної множини. Сформульовано достатні умови закінчення гри за кінцевий гарантований час для керованих об'єктів із різною інерційністю у разі, коли умова Понтрягіна не виконується.

Надано порівняння гарантованих часів для різних схем розглянутих методів. Теоретичні результати проілюстровано на модельних прикладах зі спеціальною неопуклою областю керування переслідувача.

Бібліографічні посилання

1. Чикрій А.О., Раппопорт Й.С. Прямий метод розв'язання ігрових задач зближення керованих об'єктів. *Кібернетика та системний аналіз*. 2023. Т. 59, № 5. С. 144–153. <https://doi.org/10.1007/s10559-023-00617-8>.
2. Чикрій А.О., Раппопорт Й.С. Стратегії керування у проблемі зближення конфліктно-керованих об'єктів. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. Т. 60, № 2. С. 96–110. <https://doi.org/10.34229/KCA2522-9664.24.2.8>.
3. Чикрій А.О., Раппопорт Й.С. Достатні умови зближення конфліктно-керованих об'єктів з різною інерційністю. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. Т. 60, № 4. С. 79–102. <https://doi.org/10.34229/KCA2522-9664.24.4.7>

КЕРУВАННЯ РОЗГОРТАННЯМ СІТЧАСТОЇ АНТЕНИ КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Шамаханов В.К., Хорошилов С.В., *1luckyminetofriends1@gmail.com*

*Інститут технічної механіки Національної Академії Наук України і
Державного Космічного Агентства України*

В космічній техніці застосовуються великі конструкції, що трансформуються, наприклад антени [1]. У зв'язку з тим, що місце під обтічником ракети-носія є обмеженим, вони виводяться на орбіту у складеному стані, після чого вони розгортаються таким чином, щоб сформувати необхідну конфігурацію. Проте існують, на жаль, випадки не розкриття таких конструкцій, що насамперед пов'язано зі складністю цих конструкцій, а також складністю проводити точні натурні експерименти. У зв'язку з цим удосконалення систем розгортання таких конструкцій є важливою задачею.

У доповіді розглядається задача розгортання космічної антени [2], у якій дві симетричні сітчасті системи відбивача кріпляться до опорної ферми, яка у розгорнутому стані має форму еліптичного циліндра. Системи сіток, натягнуті за допомогою стяжок, разом з металевою сіткою утворюють відбивну поверхню необхідної форми. Антена розгортається за допомогою системи тросів та шківів, що містить ідентичні передню та задню підсистеми, кожна з яких приводиться у рух власним двигуном.

На першому етапі дослідження створено модель антени як системи зв'язаних тіл з урахуванням ефектів гнучкості ферми, тертя з'єднань і складного зв'язку між металевою сіткою та системою сіток та стяжок. Рушійні сили виводяться як функції переміщень приводу системи розгортання з урахуванням деградації натягу троса [3].

На другому етапі дослідження була створена спрощена моделі динаміки одної секції антени, що використана для вирішення оберненої задачі динаміки, а саме знаходження необхідного програмного керування,

яке забезпечує необхідну траєкторію розгортання конструкції. Оскільки повномасштабне моделювання розгортання антенних систем на базі тросів та шківів є складним завданням, запропоновано спрощений підхід. Цей метод використовується для розрахунку натягу троса і вузлових рушійних сил з урахуванням тертя та інших особливостей розглянутої системи з тросів та шківів.

На третьому етапі роботи з використанням повної моделі досліджено можливість реалізації знайденого програмного керування з урахуванням особливостей системи розгортання. Для досягнення вибраних цілей досліджуються різні стратегії намотування приводних тросів. Результати моделювання показують, що чим більше тертя у шарнірах, тим легше забезпечити бажану траєкторію розгортання антени.

Бібліографічні посилання

1. Khoroshylov S., Martyniuk S., Sushko O. et al. Dynamics and attitude control of space-based synthetic aperture radar. *Nonlinear Eng.* 2023. V.12(1). <https://doi.org/10.1515/nleng-2022-02771/>
2. Sushko O., Medzmariashvili E., Filipenko F. et al. Modified design of the deployable mesh reflector antenna for mini satellites. *CEAS Space J.* 2021. Vol.13, No.4. Pp. 533–542. <https://doi.org/10.1007/s12567-020-00346-0>
3. Shamakhanov V., Khoroshylov S. Modeling cable-pulley deployment systems of transformable rod structures. *Technical Mechanics.* – 2023. – No4. – P.3–14.17. <https://doi.org/10.15407/itm2023.04.003>

ПРОЄКТУВАННЯ ТА НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАГОРЯНЬ ТА ЗАДИМЛЕНЬ

Широков М.С. *nekit.com37@gmail.com*, **Сидорова М.Г.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розпізнавання загоряння та задимлення є критичною проблемою у сфері безпеки, особливо в умовах промислових об'єктів, громадських будівель, лісових зон і житлових приміщень. Пожежі можуть поширюватися дуже швидко, тому своєчасне виявлення загрози є вирішальним фактором для мінімізації збитків та порятунку життів. Традиційні системи пожежної сигналізації часто базуються на теплових або димових детекторах, які можуть спрацювати із запізненням, коли пожежа вже набрала силу.

Однак використання комп'ютерного зору на основі нейронних мереж дозволяє виявляти загоряння та задимлення на ранніх стадіях шляхом аналізу візуальних даних. Такий підхід значно перевершує традиційні методи детекції, оскільки він здатен враховувати широкий спектр візуальних факторів і працювати в умовах різноманітних середовищ. Складність його застосування полягає у виборі архітектури нейронної мережі, підборі гіперпараметрів та методів навчання.

В якості набору даних для навчання було взято датасет зображень з платформи Kaggle – Fire and Smoke Dataset [1], який містить понад дві з половиною тисячі кольорових зображень загорянь та задимлень, кожне з яких унікальне та має різну роздільну здатність, отримано в різних умовах (освітлення, час доби, різні погодні умови) та в різних середовищах (відкриті простори, закриті приміщення, міські та природні зони).

Застосування нейронних мереж до задачі бінарної класифікації зображень має декілька особливостей: на вхід подаються попередньо оброблені зображення, нормалізовані та зі стандартизованою роздільною здатністю; в архітектурі нейронної мережі використовується чергування

згорткових та пулінгових шарів з подальшим перетворення багатовимірною виходу шарів в одновимірний вектор перед подачею в щільний шар для проведення класифікації. Важливим етапом при оцінці якості моделей є розрахунок точності (ассурасу), яка відображає частку правильно класифікованих зразків у загальній кількості зразків.

Мовою програмування Python у середовищі Google Colaboratory було створено програмне забезпечення для детекції загорянь та задимлень за допомогою модуля Keras з бібліотеки Tensorflow для навчання та підбору параметрів нейронних мереж.

Показник точності класифікації на валідаційній вибірці – 0.7736.

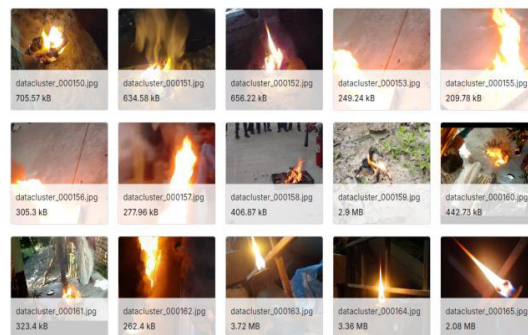


Рис. 1 – набір даних для навчання

Дане дослідження демонструє успішне використання згорткових нейронних мереж та підтверджує ефективність їх використання для аналізу зображень. Окрім цього, було підкреслено важливість підготовки даних для навчання. Нормалізація та аугментація зображень дозволяли покращити результати моделі, знижуючи ймовірність перенавчання та підвищуючи її здатність до узагальнення на нових даних. Оцінки якості моделі показали, що важливо збалансовано підходити до аналізу результатів, особливо при нерівномірних даних.

Бібліографічні посилання

1. Платформа Kaggle. Fire and Smoke Dataset.
<https://www.kaggle.com/datasets/gurneetsingh1928/fire-smoke-dataset-combined>

ПОРІВНЯНИЙ АНАЛІЗ ГАРАНТОВАНОГО ЕЛІПСОЇДАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНІВ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Шолохов О.В., gyroalex@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Гарантоване оцінювання станів динамічних систем бере початок з середини 60-х років минулого сторіччя. Першою роботою на теренах колишнього СРСР, в якій для множини можливих станів динамічної системи застосовується слово «еліпсоїд», вважається робота Красовського М.М. *До теорії керованості та спостережуваності лінійних динамічних систем*, 1964-го року. За кордоном того часу першою такою роботою вважається робота Schweppe F.C. *Recursive state estimation; unknown but bounded errors and system inputs*, 1968-го року. С того часу розвиток цього напрямку з різної інтенсивністю триває і досі. В 80-х роках минулого сторіччя в цьому напрямку стали працювати українські вчені, зокрема В.М. Кунцевич, Г.М. Бакан, В.В. Волосов.

Зауважимо, що обмеження якоїсь множини еліпсоїдом не є прерогативою теорії керування. Ця задача розв'язувалась різними способами і за різними критеріями ще в 30-і роки минулого сторіччя, наприклад, Berend F.: *Über die kleinste umbeschriebene und die größte einbeschriebene Ellipse eines konvexen Bereichs*. Але в теорії керування крім власне розв'язання задачі еліпсоїдальної апроксимації певної множини – в загальному випадку не опуклої, завжди є задача отримання цієї множини з урахуванням додаткової інформації. Тобто результат керування динамічною системою залежить від методу розв'язання як першої так і другої задач і очевидним образом залежить від властивостей системи.

Таким чином, постає задача, як для певної динамічної системи обрати оптимальний гарантований метод оцінювання її станів. Оптимальність при цьому розуміється як сукупна оцінка певного методу або алгоритму оцінювання за його стійкістю до порушення апріорних

припущень, перерв чи «викидів» у вимірювальній інформації, мінімальності помилки в оцінці можливого стану динамічної системи, і вимогливість до обчислювальних ресурсів. Формування аналітичного функціонала якості методу оцінювання – навіть звуженого до гарантованого еліпсоїдального, є більш академічною ніж практичною задачею.

Прийнятним способом вибору «оптимального» алгоритму оцінювання є порівняльний аналіз обраних алгоритмів на моделі передбачуваного для їх застосування об'єкта – спочатку математичної, а потім і комп'ютерної. Модель же конкретного об'єкта ще більш зменшує невизначеність в виборі алгоритму оцінювання.

Моделювання роботи кожного з алгоритмів на певних режимах і в певних умовах функціонування об'єкта є загальноприйнятною практикою для прийняття науково обґрунтованого рішення щодо вибору певного з них для подальшої перевірки на фізичній моделі об'єкта та його макетному варіанті. В разі виявлення помітних недоліків обраного алгоритму є можливість перевірки другого «кандидата» і так далі аж до «аутсайдера». В роботі проводиться порівняльний аналіз алгоритмів еліпсоїдального оцінювання станів моделі штучного супутника Землі.

Бібліографічні посилання

1. Kuntsevich V.M. Minimization of impact of bounded perturbations on nonlinear discrete systems. DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v50.i1.10
2. Sholokhov O.V. On a robust algorithm of ellipsoidal estimating parameters of artificial Earth satellite orientation. DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v50.i4.70
3. Volosov V.V., Shevchenko V.N. Regularized ellipsoidal filter for the state of discrete dynamical systems using averaged current measurements at a sliding interval. DOI: 10.1615/JAutomatInfScien.v52.i9.10

ЗМІСТ

Avramenko O.V. Problem of wave packet propagation in layered fluid	5
Baranovska L.V. Group differential-difference game of approach for different inertia objects	6
Bondar S.O., Popov I.V., Komar M.M., Lakhtyr D.A. Advanced virtual-reality based hardware and software complex for training UAV operators	7
Brovko D.V., Baranovska L.V. Artificial intelligence system for trends analysis in allergenic hazards and allergen spread	9
Chikrii G.Ts., Kuzmenko V.M. Time dilation principle to solve complex game dynamic problems of approach	11
Drahan M.S., Pysarenko A.V. Reinforcement learning algorithms for intelligent control in cyber-physical systems	13
Fainzilberg L.S. Intelligent system for assessing the body's adaptation capabilities to increased loads	15
Goldshtein Y.M. Optimization model for phasing orbit selection of emergency orbital service on solar synchronous orbits	17
Guk N.A., Gerasimov E.A. Financial forecasting strategies: integrating data-driven approaches and advanced models	18
Hart L.L., Hart A.V. Algorithms for numerical analysis of a controlled thermostatic system	20
Hubskiy O.M., Popov I.V., Hubskiy Y.M. Method for combining 3D models in scene monitoring processes	23
Karimov N.M. Numerical model of combat operations taking into consideration a constant time delay	25
Kiseleva O.M., Kuzenkov O.O. Use of discrete and continuous algorithms for the construction of an optimal trajectory in 3D printing	28
Kiseleva O.M., Prytomanova O.M., Filat O.A. Application of clustering methods in solving optimal set partitioning problems	29

Kiseleva O.M., Yakovlev S.V., Prytomanova O.M., Kuzenkov O.O. Mathematical modeling of spatial dynamics of infectious diseases	30
Kogut P. Generalized active contour model in BV space and its application to satellite remote sensing of agricultural territories	33
Koshel Y.V., Belozyorov V.Ye. Generation of stable systems of ordinary differential equations for univariate time series modeling	36
Kozlov O.V., Kondratenko Y.P. Optimization-oriented methods for the improvement of fuzzy control systems	38
Lyubchyk L.M., Dorofieiev Yu.I. Decentralized load balancing consensus control in distributed computing systems with uncertain but bounded time delays	40
Maslov O., Antoshchuk S., Galchonkov O., Mokritskiy V., Shunin O. A digital twin of a landmine detector drone based on the prompt gamma neutron activation analysis method	42
Mitikov N., Guk N.A. Enhancing collection performance in software through memory snapshot analysis and mathematical modeling	44
Mordukhovich B. Stability and optimality in control problems for sweeping processes	46
Pyrozhenko O.O., Maslova A.I., Pirozhenko A.V. The influence of solar radiation pressure on the motion of satellites in almost circular earth orbits	47
Rutkas A.A. Artificial neural networks in solving differential algebraic equations	48
Rutkas A.G., Vlasenko L.A. Stochastic differential games in Sobolev retarded systems	49
Schlesinger M.I., Vodolazskiy E.V. Asymmetrical generalisation of Chebyshev's inequality	50
Sidorova M., Bondarenko B. Development of a mixed reality fitness game incorporating usage of real objects	52
Stetsyuk P.I., Fischer A., Khomiak O.M. Three variants of the generalized ellipsoid method	54

Trotsenko A.G., Kuzenkov O.O. Nonlinear mathematical models of complexly organized natural systems	56
Vasyanin V., Trofymchuk O. Conceptual bases for managing the processing of discrete flows in a multicommodity hierarchical network	58
Yugay L.P. The problem of global evasion for nonlinear conflict-controlled processes	60
Zhiteckii L.S., Solovchuk K.Yu. An extension of identification-based approach to adaptive control under nonstochastic uncertainties	63
Андрєєв Д.А. Запровадження штучного інтелекту у сучасні бізнес-процеси	64
Антоненко С.В., Руденко І.О. Дослідження алгоритмів нескінченної генерації при розробці гри StellaRush з використанням двигуна Unity	65
Аралова Н.І., Шахліна Л.Я.-Г. Інтелектуальна система для оптимізації підготовки жінок-військовослужбовців	67
Бардан А.О. Усереднення в диференціальних іграх переслідування з багаточастотними збуреннями	69
Бігун Я.Й., Дробот А.В. Усереднення в системі зв'язаних осциляторів із ієрархією частот і лінійно перетвореними аргументами	71
Білецький В.І. Про одну задачу пошуку локально-допустимих розв'язків на перестановках	73
Божко В.О., Мацуга О.М. Проектування Python-бібліотеки для оцінювання якості кластеризації	74
Божуха Д.І., Байбуз О.Г. Про імітацію роботи вузлів системи	76
Болтенков І.В., Антоненко С.В. Розроблення навчального симулятора роботи протоколу HTTP	78
Бондаренко І.В. Роль сучасних гаджетів у підвищенні якості фізичної підготовки курсантів у морській галузі	80
Вишенський В.І., Чикрій А.О., Бєлоусов А.О. Ігрові задачі перехоплення керованих цілей	82

Волосов В.В., Шевченко В.М. Математичні моделі та алгоритми управління рухом матеріальної точки по заданим інтегральним многовидам	84
Волошенюк О.Л., Пироженко О.О., Храмов Д.О. Досвід використання великих мовних моделей у дослідженнях динаміки космічних апаратів	86
Вялов С.Р. Імітаційне моделювання процесу випробувань ГТД ТВЗ-117В	88
Ганжа А.С., Антоненко С.В. Автоматизація створення CI/CD конвеєра з використанням Jenkins Pipeline	90
Гарт Л.Л., Полонський Д.О. Про алгоритми визначення оптимальної стратегії програмного керування потягом	92
Головинський А.Л., Кравченко Н.В., Полішко С.В. Паралельні методи детектування радіовипромінювання	94
Горбачук В.М., Дунаєвський М.С., Рибачок Д.О. Задача покриття об'єктів системи	96
Грищук О.М. Верифікація симетричної криптографічної системи захисту мовної інформації на диференціальних перетвореннях в АСУ критичного призначення	98
Грищук Р.В. Методологічні засади побудови моделей управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури	100
Гук Н.А. Ідентифікація параметрів адаптивної моделі керування на основі результатів спостережень	102
Дженкова М.М., Шевельова А.Є. Застосування алгоритмів машинного навчання в аналізі емоцій тексту на базі нечіткої логіки	104
Дунай А.В. Аналіз критеріїв для оцінки експлуатаційних даних при моделюванні режимів роботи авіаційного газотурбінного двигуна	106
Жукова Л.Г. Якість і надійність експертних оцінок при визначенні технічного рівня складних систем	108

Журбенко М.Г. Про одну процедуру генерації агрегатних ε -субградієнтів	110
Жушман В.В., Зайцева Т.А. Розробка інтелектуальної системи для аналізу напружено-деформівного стану в контактних задачах	111
Загірська І.О., Збруцький О.В., Міщук А.С., Осокін В.С. Математична задача керування гарантованої точності при невизначених збуреннях	112
Земляний О.Д., Байбуз О.Г. Розроблення гібридного методу для імпутування пропусків у даних на основі регресії та ентропійного підходів	114
Каманцев А.С., Гарт Л.Л. Порівняльний аналіз моделей виявлення об'єктів в залежності від обсягу тренувальної вибірки	115
Карпець Е.П. Імітаційне моделювання керування рухом бюджетних коштів ринку праці	117
Касім А.М. Агентне моделювання повітряного бою дронів за участю груп з обох сторін	119
Кісельова О.М., Гарт Л.Л., Кузенков О.О., Закутній Д.В. Про найпростішу динамічну задачу оптимального розбиття множин	121
Кісельова О.М., Притоманова О.М., Лебедєв Д. Метод оптимального розбиття множини на нечіткі підмножини з розміщенням їх центрів	123
Козирєв А.Ю., Норкін В.І. Стиснення зображення з втратами за допомогою стохастичного квантування	124
Комаров О.В., Скрипченко В.С. Електрично проникна тріщина в біматеріальному п'єзоелектричному квазікристалі	126
Костра В.В. Інтелектуальна система як інструмент медико-біологічного пізнання	127
Краснюк М.Т., Науменко М.А. Гібридний корпоративний ІІІ в умовах кризи	128

Куваєв М.В., Тарасов С.В. Компенсація коливань моменту в синхронних двигунах з постійними магнітами	132
Кузьменко В.І. Моделі керування напруженим станом у технологічних операціях	134
Кулик В.В. Системний аналіз та моделювання міжгалузевих зв'язків економіки Японії (2020 р., 108 укрупнених продуктів)	135
Лапханов Е. О., Палій О. С., Своробін Д. С. Особливості керування космічними енергетичними апаратами розподіленої системи енергоживлення космічної індустріальної платформи	137
Логвин Д.А., Божуха Л.М. Оптимізація нейронних моделей для їх ефективної роботи на пристроях з обмеженими ресурсами	139
Лозінський А.П. Задача оптимізації виділення ресурсів власних місцевих платформ хмарних обчислень	141
Магдиш В.Є., Сидорова М.Г. Розробка системи обробки даних для медичних закладів з використанням штучного інтелекту	143
Манюк С.В., Манюк М.О., Мацуга О.М., Антоненко С.В. Бізнес-аналіз мобільного застосунку для вивчення класичної музики	145
Мельничук С.В., Сальніков М.М. Оцінювання параметрів руху некооперованого космічного об'єкту за вимірами орієнтації та відстані	147
Мірошник А.В., Дзюба П.А. Алгоритми та математичне забезпечення процедурної генерації для сцен віртуальної реальності	149
Міщенко О.В. Розробка схем проєктування електродинамічних космічних систем з термоелектронним покриттям тросу для досягнення більшої ефективності функціонування	151
Молчанов А.О. Про наближення потенціальних полів з розривними умовами на границі	153
Морозов Ю.С., Зайцева Т.А. Нелінійний аналіз в задачах контактної механіки з використанням методу скінченних елементів	155
Мусатов Д.С., Романов В.О. Реалізація людино-машинного інтерфейсу через сучасні месенджери	156

Назарець Д.П., Сидорова М.Г. Розроблення та дослідження моделей для класифікації оточення за аудіозаписом	158
Нечитайлов В.О., Сидорова М.Г. Навчання з підкріпленням як актуальний напрям інтелектуальних систем та технологій	160
Новіков О.Е., Антоненко С.В. Розроблення деталізованого персонажа для середовища рушія Unreal Engine	162
Олійник А.О., Золотько К.Є. Вплив попередньої обробки даних на точність розпізнавання облич	164
Орехова Н.А., Коваль В.П. Алгоритм машинного навчання для виявлення значущих факторів	166
Пантелеймонов А.А., Щетинін Д.І. Витяг структурованих даних із паперових форм за допомогою хмарних сервісів	168
Петров А.Д., Трофімов О.В. Аналіз даних у методах неруйнівного моніторингу багатошарових основ	170
Полішко С.В. Розширення функціональних можливостей автоматизованих систем управління боєм для підвищення ефективності інформаційної системи управління оборонними ресурсами	172
Пономаренко П.А., Сидорова М.Г. Відслідковування порушень авторського права в інтернеті за допомогою децентралізованої системи	174
Прокопчук Ю.О. Начерк моделі поведінки автономної / когнітивної системи	176
Прусан І.К., Лисиця Н.М., Зайцева Т.А., Шишканова Г.А. Аналіз користувацьких дій за допомогою ланцюгів Маркова для побудови інтелектуальної системи моніторингу та прогнозування	178
Рамазанов С.К. Проблема сталого розвитку глобальних систем вчора та сьогодні	180
Сазіна Н.П. Методичні особливості оцінки рівня компетентності групи експертів при вирішенні деяких важко формалізованих задач	182

Сальніков М.М. Модифікований метод еліпсоїдального оцінювання та його властивості	184
Семенов В.В., Коваленко О.Ю. Оцінки швидкості збіжності нових алгоритмів для варіаційних нерівностей	186
Симонов Д.І., Заїка Б.Ю., Симонов Є.Д., Літвін А.А., Фесенко М.Б. Моделі функціонування багатоскладових інформаційних та природотехнічних систем	187
Сімакін С.К., Божуха Л.М. Про інтелектуальну стратегію кешування даних у asp.net веб-сервісах	189
Соломатін В.А., Байбуз О.Г. Розробка та тренування нейронної мережі для класифікації рентгенівських знімків на основі efficientnet: методи попередньої обробки, аугментації та аналіз стабільності навчання	191
Сюткіна-Дороніна С.В. Моделювання та аналіз траєкторій твердопаливного ракетного об'єкта	193
Тачиніна О.М., Кутєпов В.О., Лисенко О.І. Синтез цифрового регулятора для системи автоматичного керування безпілотним літальним апаратом	195
Тимофієва Н.К. Про природу універсальності методів розв'язання задач комбінаторики та комбінаторної оптимізації	196
Тимченко В.Л., Горбов В. Ю., Демідов І. А. Моделювання процесів робастно-оптимального керування морськими рухомими об'єктами	198
Турчина В.А., Коваленко Є.О. Доцільність дослідження дозволу переривань в одній задачі теорії розкладів	200
Турчина В.А., Малієнко О.О. Про аномальні випадки в задачах розподілу електроенергії	202
Фесенко М.Б. Проблема авторотації повітряних гвинтів	205
Фоков О.А. Метод визначення зміни просторового положення об'єкта орбітального сервісу з невідомою формою	207

Чикрій А.О., Раппопорт Й.С. Метод верхньої та нижньої розв'язувальних функцій в теорії конфліктно-керованих процесів 209

Шамаханов В.К., Хорошилов С.В. Керування розгортанням сітчастої антени космічного застосування 211

Широков М.С., Сидорова М.Г. Проектування та навчання нейронної мережі для ідентифікації загорянь та задимлень 213

Шолохов О.В. Порівняний аналіз гарантованого еліпсоїдального оцінювання станів динамічних систем 215

НОТАТКИ

НОТАТКИ

Підп. до друку 12.11.2024 р. Формат 60х84/16. Друк цифровий.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 13,5.
Наклад 100 прим. Зам. № 182

ПП «Ліра ЛТД»
49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 6042 від 26.02.2018 р.