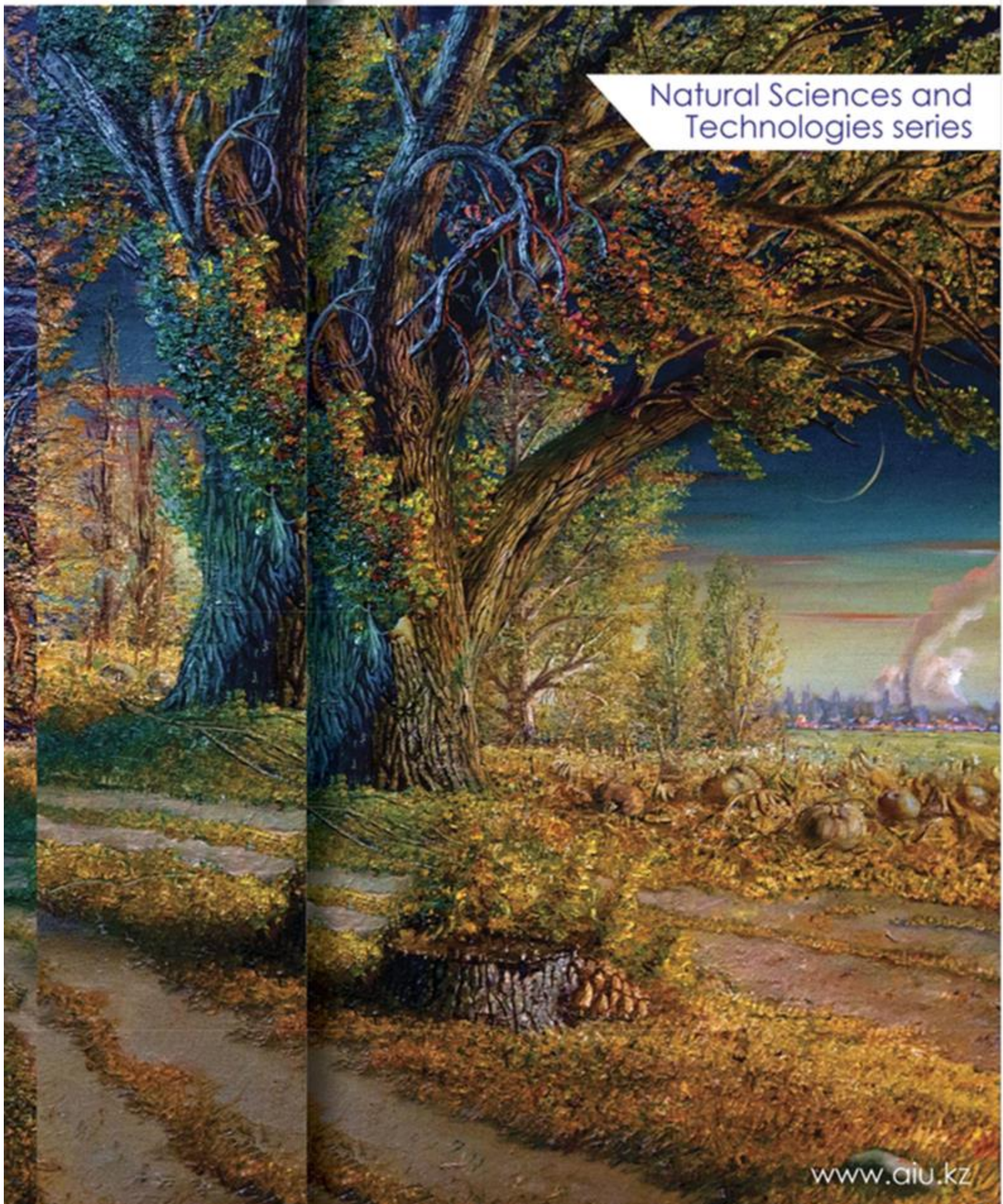


INTERNATIONAL
SCIENCE REVIEWS



№4 (6) 2024

Natural Sciences and
Technologies series





INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS

Natural Sciences and Technologies series

Has been published since 2020

№4 (6) 2024

Astana

INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS. NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫ

БАС РЕДАКТОР

Қалимолдаев Мақсат Нұрадидович, техникалық ғылымдар докторы, ҚР ҰҒА академигі, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты бас директорының кеңесшісі, бас ғылыми қызметкері (*Қазақстан*)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ

Мырзағалиева Анар Базаровна, биология ғылымдарының докторы, профессор, бірінші вице-президент, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*);

РЕДАКТОРЛАР:

- **Сейткан Айнура Сейтканқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, PhD, жаратылыстану ғылымдары жоғары мектебінің деканы, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*);

- **Муканова Асель Сериковна**, PhD, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебінің деканы, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*);

- **Абдилдаева Асель Асылбековна**, PhD, қауымдастырылған профессор, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (*Қазақстан*);

- **Хлахула Иржи** PhD, профессор, Познаньдағы Адам Мицкевич атындағы университет (*Польша*);

- **Редферн Саймон А.Т.**, PhD, профессор, Наньян технологиялық университеті (*Сингапур*);

- **Сяолей Фенг**, PhD, Наньян технологиялық университеті (*Сингапур*);

- **Шуджаул Мулк Хан**, PhD, профессор, Каид-және-Азам университеті (*Пакистан*);

- **Базарнова Наталья Григорьевна**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Химия және химиялық-фармацевтикалық технологиялар институты (*Ресей*);

- **Черёмушкина Вера Алексеевна**, биология ғылымдарының докторы, профессор, РҒА СБ Орталық Сібір ботаникалық бағы (*Ресей*);

- **Тасболатұлы Нұрболат**, PhD, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі деканының орынбасары, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*);

- **Байшоланов Сакен Советович**, география ғылымдарының кандидаты, доцент, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*);

- **Нуркенов Серик Амангельдинович**, PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университеті (*Қазақстан*).

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS. NATURAL
SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Калимолдаев Максат Нурадилович, доктор технических наук, академик НАН РК, профессор, ГНС, советник генерального директора Института информационных и вычислительных технологии КН МНВО РК (*Казахстан*)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Мырзагалиева Анар Базаровна, доктор биологических наук, профессор, первый вице-президент, Международный университет Астана (*Казахстан*)

РЕДАКТОРЫ:

- **Сейткан Айнур Сейтканкызы**, кандидат технических наук, PhD, декан высшей школы естественных наук, Международный университет Астана (*Казахстан*);
- **Муканова Асель Сериковна**, PhD, декан Высшей школы информационных технологии и инженерии, Международный университет Астана (*Казахстан*);
- **Абдилдаева Асель Асылбековна**, PhD, ассоциированный профессор, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби (*Казахстан*);
- **Хлахула Иржи** PhD, профессор, Университет имени Адама Мицкевича в Познани (*Польша*);
- **Редферн Саймон А.Т.**, PhD, профессор, Наньянский технологический университет (*Сингапур*);
- **Фенг Сяолей**, PhD, Наньянский технологический университет (*Сингапур*);
- **Шуджаул Мулк Хан**, PhD, профессор, Университет Каид-и Азама (*Пакистан*);
- **Базарнова Наталья Григорьевна**, доктор химических наук, профессор, Институт химии и химико-фармацевтических технологий (*Россия*);
- **Черёмушкина Вера Алексеевна**, доктор биологических наук, профессор, Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН (*Россия*);
- **Тасболатұлы Нұрболат**, PhD, заместитель декана Высшей школы информационных технологии и инженерии, Международный университет Астана (*Казахстан*);
- **Байшоланов Сакен Советович**, кандидат географических наук, доцент, Международный университет Астана (*Казахстан*);
- **Нуркенов Серик Амангельдинович**, PhD, ассоциированный профессор, Международный университет Астана (*Казахстан*);

**EDITORIAL TEAM OF THE JOURNAL INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS.
NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES SERIES**

CHIEF EDITOR

Maksat Kalimoldayev, Doctor of Technical Sciences, Academician of NAS RK, Professor, SRF, CEO's councilor «The Institute of Information and Computational Technologies» CS MSHE RK (Kazakhstan)

DEPUTY CHIEF EDITOR

Anar Myrzagaliyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-President, Astana International University (Kazakhstan)

EDITORS:

- **Ainur Seitkan**, Candidate of Technical Sciences, PhD, Dean of the Higher School of Natural Sciences, Astana International University (Kazakhstan);
- **Assel Mukanova**, PhD, Dean of the Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University (Kazakhstan);
- **Assel Abdildayeva**, PhD, Associate Professor, of the Department of Artificial Intelligence and Big Data, Al-Farabi Kazakh National University (Kazakhstan);
- **Jiri Chlachula**, PhD, Dr.Hab., Full Professor, Adam Mickiewicz University, Poznań (Poland);
- **Simon A.T. Redfern**, PhD, Professor, Nanyang Technological University (Singapore);
- **Xiaolei Feng**, PhD, Nanyang Technological University (Singapore);
- **Khan Shujaul Mulk**, PhD, Professor, Quaid-i-Azam University (Pakistan);
- **Natal'ya Bazarnova**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies (Russia);
- **Vera Cheryomushkina**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Central Siberian Botanical Garden SB RAS (Russia);
- **Nurbolat Tasbolatuly**, PhD, Deputy Dean of the Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University (Kazakhstan);
- **Saken Baisholanov**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Astana International University (Kazakhstan);
- **Serik Nurkenov**, PhD, Associate Professor, Astana International University (Kazakhstan).

Editorial address: 8, Kabanbay Batyr avenue, of.316, Nur-Sultan,
Kazakhstan, 010000

Tel.: (7172) 24-18-52 (ext. 316)

E-mail: natural-sciences@aiu.kz

International Science Reviews NST - 76153

International Science Reviews

Natural Sciences and Technologies series

Owner: Astana International University

Periodicity: quarterly

Circulation: 500 copies

CONTENT

1. K.S. Baktybekov, A.E. Ashurov, B.R. Zhumazhanov Analysis of the requirements for satellite constellation control.....	7
2. М.Джунусова, Д.Ракишева Жасанды интеллект көмегімен бұқтырма су қоймасының динамикасын модельдеу және болжау.....	16
3. Д.Байғожанова, Н.Ермекова, А.Сабантаев Қазақстанда отандық өнімдерді жарнамалау мен сату бизнесін ұйымдастыруды автоматтандыру әдістері	22
4. Н.Тасболатұлы, Е.Жұмабай Methods of Automation of the Organization of Advertising and Sales Business of Domestic Products in Kazakhstan	31
5. Ш.Қ. Серікова, С.А.Наурызбаева Құпия ақпаратты алу әдістері мен құралдары	38
6. Э.Апшурский А вот наблюдатель тут явно притянут за уши!	45
7. А.С.Тыныкулова, А.В.Фаддеенков Факторы, влияющие на оптимальность земельных ресурсов	54
8. O.Bulgakova The Interplay between Mitochondria, MitomiRs, Radiation, and Age-Related Diseases: Prospects for Research	64

Analysis of the requirements for satellite constellation control

K.S. Baktybekov ^a, A.E. Ashurov ^b, B.R. Zhumazhanov ^a

^a Ghalam LLP, Astana, Kazakhstan

^b L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

 Corresponding author

Abstract. Currently, Kazakhstan has started to develop, design and build micro- and nanosatellites that can be used for remote sensing, communications and the Internet of Things. These tasks involve the use of a constellation of up to 20 or more satellites. In this regard, the task of constellation control arises to fulfill the set goals. In this article we review open sources on the issues of satellite constellation control to identify the main tasks and problems arising in the fulfillment of flight missions. It is shown that constellation control is reduced not only to the preservation of the geometry of their location, which is set to perform a particular task, but is associated with the prevention of collisions between satellites during various maneuvers, due to space debris or other satellite. During maneuvers it is also necessary to minimize propellant consumption, i.e. optimize the routes of the satellites relative to each other. All these problems require their solution when creating a software product for satellite constellation control. Based on the analysis of literature sources, the requirements for satellite constellation control are formulated taking into account reliability, system flexibility, optimization of propellant consumption and compliance with international rules and guidelines for space operations.

Keywords. Satellite, motion control, flight task, space debris, satellite constellation.

Introduction

Over the past decades, aerospace technologies have had an increasing impact on the economic and social development of the state and society, finding wide application in various fields of the national economy and the defense industry of the republic. In accordance with the Strategic Development Plans[1-3] implemented in the country, competitive space technologies, products and services are currently being actively introduced in the republic in the interests of Kazakhstan. High-tech, dynamically developing enterprises of the space industry have been created, which are capable of independently designing, creating and operating competitive space systems, as well as providing high-quality services in demand on regional and global markets.

Currently, the capabilities of small satellites and miniature payloads have greatly increased, as well as new business models based on large-scale low-orbit constellations consisting of inexpensive, mass-produced satellites. Small

satellites usually require lower development and launch costs, which makes them more affordable for most organizations and countries. This accessibility attracted the attention of both commercial companies and academic institutions, as it allowed them to contribute to space research.

The potential of CubeSats or nanosatellites is widely used to accelerate scientific and technological progress in emerging and developing countries. Analytical studies and forecasting show that at least 2,000 nanoclass satellite will be launched into space during the period from 2023 to 2027 [4,5].

The commercial availability of nanosatellite elements (Earth remote sensing (ERS) imagers and communication tools for control and downlink of information from low-orbit CubeSats in the S and VHF bands) and the absence of restrictions on their acquisition make it possible to develop this area in Kazakhstan as an independent space industry. The large territory of Kazakhstan with a diverse relief,

including mountainous terrain, which occupies 10%, as well as deserts and semi-deserts - 25% of the total area, where a significant part of the population lives and the state border passes, requires constant monitoring and continuous communication (including special one), in accordance with the solution of strategic development tasks of the Republic of Kazakhstan [3]. The Aerospace Committee of the Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan and Ghulam LLP signed an agreement to carry out work on the creation of a constellation of medium-resolution remote sensing satellites KazEOSat-MR. The project is aimed at replacing the current medium-resolution remote sensing satellite "KazEOSat-2" and developing products and services provided on the basis of reliable and operational remote sensing data. This will meet the needs of government agencies and organizations, as well as small and medium businesses in geospatial data built on their basis [6].

Creation of remote sensing satellite constellations involves real-time flight control, in accordance with the tasks set. Satellite constellation control is a complex multiparametric mathematical problem that takes into account changes in satellite orbits under the influence of external disturbing factors, propellant reserves for orbit correction, maneuvers for flight missions, etc. To date, software products for managing satellite constellations have not been developed, although work has been carried out on orbital calculations [7].

Overview of works on satellites constellation control

A remote sensing satellites formation flight is defined as a coordinated flight of multiple satellites in low Earth orbits to perform common tasks. These satellite constellations are designed to provide continuous and stable coverage of certain areas or the entire Earth's surface. These systems require high accuracy in maintaining orbital parameters, reliable communication, and the ability to quickly reorganize in the event of failure of individual vehicles.

Several schemes of group flight of satellites and their evolution over time are considered in the work [8]. The flight patterns of satellite constellations are based on the equations of relative motion in two-body dynamics, better known as the Hill equations [9]. When disturbances disrupt satellite constellations, maneuvers are calculated to maintain the constellation. The suitable concept of formation flight of synthetic aperture radar (SAR) satellites is discussed in [10]. This scheme is capable of implementing complex basic conditions for SAR interferometry, while minimizing the risk of collision associated with rendezvous operations. The orbit control method is presented and the corresponding strategy is confirmed, as well as an effective implementation of the distributed satellite concept is proposed.

The authors of [11] presented algorithms for cluster flight of satellites in low Earth orbits. To limit the relative movement distance, requirements for the initial conditions of the modules have been developed. The accompanying analytical estimation of the relative distance between the modules is proved on the basis of a design model assuming the immutability of environmental disturbances over time. In addition, this article presents a detailed pulse algorithm for creating and maintaining a cluster to track a given nominal orbit, the characteristics of which satisfy the previously developed no-drift constraint. This algorithm ensures propellant balancing between maneuvering modules, as well as minimizing total propellant consumption, while ensuring collision-free movement.

The results of a study of the possibility of formation flight of nanosatellites in the QB50 project are presented [12]. This is a mission to create an international network of 50 nanosatellites for multipoint measurements in situ in the lower thermosphere and atmospheric re-entry studies. The possibilities and problems of formation flight of satellites are systematically identified and analyzed. The work [13] is also devoted to the analysis of the constellations of small satellites. In particular, various missions using CubeSats are considered, where formation flight schemes will be applied. These missions are classified according to the mission type,

mission status, number of satellites, lead organization, source of funding, and flight requirements of the constellation.

The issue of designing the trajectory of the constellation's satellites for collecting solar energy in space and transmitting it to Earth using a microwave beam is considered in [14]. To perform the appropriate orbital maneuvers, an optimization system is being developed using the Hill-Clohessy-Wiltshire equations [15,16] to achieve the dual purpose of maximizing the transmitted power and minimizing the amount of propellant needed to perform the desired orbital maneuvers. It is shown that the use of periodic relative orbits reduces propellant consumption 3 times.

One of the critical issues of satellite constellation control is the calculation and implementation of corrective maneuvers. Quite a lot of work is devoted to this issue [17]. Here we are talking about maneuvers to avoid collisions with space debris. In this article, a method has been developed for choosing the timing of evasion maneuvers with minimal propellant consumption without violating the limits of the maximum inter-satellite distance between clusters. To assess the maneuverability, the average difference in the large semi-axis between the maneuvering satellite and other satellites is monitored. Three methods of searching for optimal maneuvers in conditions of cluster content are proposed. The first is to perform an additional maneuver to hold the cluster during maximum approach to debris, the second is a global maneuver for all clusters, and the third is a maneuver with optimal propellant consumption, which includes restrictions on cluster retention in the calculation of the evasion maneuver. The first method turns out to be the most economical. The global maneuver guarantees limited inter-satellite distances, as well as a balance of propellant and mass. The latter method proves useful at certain points in time and represents a compromise between propellant consumption and the number of maneuvers.

The review [18] examines developments in the control architecture of various satellite constellations, as well as ways to control the movement and orientation of satellite

constellations. In [19], various flight control scenarios of the satellite constellation are discussed. These scenarios can be divided into two categories: the leader satellite with advanced sensors and the follower satellite with common sensors. In order for all the leader satellite to maintain the desired relative configuration and simultaneously fly at a constant speed, an algorithm for jointly controlling the formation of the constellation geometry is proposed for each leader satellite. To control the follower satellite, a distributed trajectory retention control algorithm is proposed. One of the main advantages of the proposed algorithms is the ability to avoid collisions among all satellite by equipping it with an omnidirectional short-range relative distance sensor and using the methodology of potential functions. The work [20] provides a detailed overview of various missions, the mathematical foundations of control, guidance requirements, an overview of the on-board control systems used, and relative control technologies.

The issue of planning the survey of areal objects by constellation satellite is considered in [21]. The authors cited the main limitations and criteria for evaluating the effectiveness of the work schedule of the satellite constellation and proposed a methodology for drawing up a work plan for the target equipment of the remote sensing satellite constellation for the effective use of resources to optimize the process of shooting an area observation object.

The problem of limited flight control and collision avoidance for satellite clusters using inter-satellite flight boundaries is considered in [22]. The authors of this work proposed a new method for managing a cluster of satellites using a set of artificial potential functions. The proposed cluster control method is based on the boundaries of inter-satellite flight so that satellites can autonomously converge to a given boundary range, rather than on a set of precise orbit configurations. The analysis of the model shows that the method has great potential in managing clusters of microsatellites. On the other hand, this article also focuses on collision avoidance as a key requirement for a satellite cluster. The satellites of the constellation can adjust their real-time control efforts according to

data on nearby satellites, reflecting the characteristics of swarm intelligence.

An interesting approach to the reconfiguration of a satellite constellation based on convex optimization and a genetic algorithm is considered in [23]. This article presents a new approach to the autonomous reconfiguration of distributed space systems, which ensures the safe guidance of satellite constellations according to specified schemes while optimizing total propellant consumption. The orbital transition is reduced to the form of a convex optimization problem to ensure fast calculation of control laws. Two methods are proposed, depending on the organizational architecture of the formation of the satellite. In the first, the maneuver is fully planned by the reference satellite, which defines the final tasks and control actions for the entire cluster. As a second method, a distributed version of the algorithm is proposed: tasks are sorted by reference satellite, and transition orbits are calculated by using the computing resources of the entire cluster. Both methods ensure a safe transition of the constellation to the target geometry. The simulation results show that when relative distances are on the order of hundreds of meters, the reconfiguration of LEO clusters during one orbital period requires an average value of Δv per satellite of the order of 0.1 m/s.

Interestingly, the question of autonomous reconfiguration of the flight of a constellation of SAR satellites with continuous monitoring in operation has been raised [24]. Satellite constellations can use different observation modes associated with different relative orbit configurations, as well as switch between these modes in accordance with flight control requirements. This article discusses a hypothetical constellation of SAR satellites providing interferometry, tomography, or mirror detection. The main task for this constellation is formulated, which consists in performing a reference maneuver relative to the orbit of the main satellite. This problem is solved using a feedback control law based on the newly introduced relative orbits elements and suitable for continuous-action engines with limited thrust. The asymptotic stability of the maneuverable orbit tracking problem for near-Earth, non-equatorial and near-circular main orbits is

proved. It is also proposed to distribute the control along the orbit to reduce propellant consumption and transition time between SAR modes. The theoretical results are confirmed by modeling controlled transitions between different data collection modes.

The authors of [25] have compiled a fairly detailed review of the work on the use of artificial intelligence (AI), including machine learning, in solving satellite communication problems, in particular, in resource management, network control, network security, spectrum management and energy use in satellite networks. This work is a general overview of AI, including the basic concepts of AI, machine learning, the use of AI in satellite communications, obtaining telemetry, accounting for signal reflection in the ionosphere, satellite energy control, etc.

Perhaps one of the most detailed reviews of recent years on satellite constellation modeling and control is the work [26]. Three types of constellation architectures are considered: «Multiple input – multiple output» (MIMO), in which the constellation is considered as a single object with several inputs and several outputs; «Leader-Follower» (LF) constellation, in which individual satellites are hierarchically connected; and virtual structure is as the formation of a virtual structure (VS) or cyclic architecture, in which satellites are considered as solids embedded in a common virtual solid. The «Multiple input - multiple output» architecture differs from others in its optimality and stability. However, the use of all states of the system leads to the need to place high demands on the exchange of information, so such algorithms are usually unstable to local failures. The Leader-Follower architecture uses information only about the leaders, which makes it easier to navigate through the constellation. The cyclic architecture is an intermediate link between the LF and MIMO architectures.

The method is proposed for the operational assessment of the effectiveness of the constellation of remote sensing satellites in [27]. In this article, the architecture of a real-time estimation model for remote sensing satellite clusters is proposed. First, a simulation model of the interaction of the metaphysical fields of a satellite cluster is being created to monitor

moving targets. In addition to considering the effects of on-board resource limitations, it also examines the effects of image uncertainty on observational results. Secondly, a system of indicators for observing moving targets is being developed, reflecting the actual effectiveness of a cluster of satellites in orbit. At the same time, in order to increase the independence of the indicator system, a method of screening indicators using correlation analysis is proposed. Third, the neural network is designed and trained for stakeholders to provide a quick assessment. Various network structures and parameters are comprehensively studied to determine an optimized neural network model. Finally, based on the experiments conducted, the proposed neural network evaluation model can generate high-quality evaluation results in real time. Thus, the validity of our proposed approach is justified.

The analysis of reliability, fault tolerance and energy efficiency of satellite cluster control is discussed in the book [28]. The issues of on-board data processing in satellite communications using artificial intelligence accelerators are considered in [29].

Finally, we can point out another new review on modeling the dynamics of a formation flight of satellites [30]. This study is aimed at developing a model for representing the relative dynamics of satellites in circular and elliptical orbits and establishing the relative motion of satellites based on orbital elements. In the study, the authors consider the distance between the leader and follower satellites to be insignificant. A linear, time-varying approach was adopted for the study. The equation of motion of satellites in circular and elliptical orbits is derived and solved. Numerical simulations were carried out to determine the relative trajectory of the satellite in all three planes and the reliability of the developed model was thoroughly tested.

Conclusion

Creating and control of a remote sensing satellites constellation is a rather difficult engineering and mathematical task. Orbit control in the context of a formation flight of satellites requires precise coordination and continuous correction. Effective orbit control is necessary to ensure stable operation of the

constellation, mission fulfillment and avoidance of satellite collisions.

The analysis of literary sources allows us to formulate the following requirements for satellite constellation control, which will be used when creating a software product for controlling satellite constellations.

- The satellite system must be designed in such a way as to minimize the risks of failure and guarantee a high level of reliability of operation. The distribution of satellites in the constellation should be optimal to ensure constant communication between the satellites and the ground control complex. The energy consumption of satellites should be optimized to increase their lifetime. In addition, a high level of protection of the transmitted data and high speed of data processing and transmission must be ensured.

- Planning the trajectories of individual satellites in a constellation to ensure a predetermined position relative to each other in order to achieve the overall objectives of the mission. Trajectory planning includes consideration of orbital mechanics, propellant consumption, and avoiding collisions with other satellites or space debris.

- Effective communication and coordination between satellites within the constellation is necessary to perform maneuvers, exchange data and maintain synchronization. This may include inter-satellite communication channels, ground control centers, or autonomous decision-making algorithms implemented on board satellites.

- The creation of redundancy and fault tolerance in formation is essential to ensure mission continuity in the event of satellite failures. Redundant systems, cross-support capabilities, and distributed control architectures can enhance the sustainability of the formation.

- Formation flight systems should be designed with flexibility in mind to adapt to changing mission requirements or operating conditions. This may include the ability to reconfigure formations, adjust trajectories, or deploy additional satellites as needed.

- Ensuring time synchronization. Achieving accurate time synchronization between satellites within a constellation is necessary for coordinated operations such as data aggregation,

interferometry, or distributed sensing. Accurate time storage systems and synchronization protocols are used to ensure time synchronization.

- Compliance with international rules and guidelines for space operations, including space debris mitigation measures, frequency coordination and orbital zone allocation, is essential to ensure the safety, sustainability and legality of formation flights.

These requirements will be used to develop a technical specification for a software product for managing satellite constellations in Kazakhstan.

Source of financing

This research is funded by the Aerospace Committee of the Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan (BR21982462).

LIST OF REFERENCES

- [1] Strategic Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2025. Available at: http://www.akorda.kz/ru/legal_acts/ob-utverzhdanii-strategicheskogo-plana-razvitiya-respubliki-kazahstan-do-2025-goda-i-priznani-utrativshimi-silu-nekotoryh-ukazov-prezidenta (accessed 23 September 2024).
- [2] The strategy «Kazakhstan – 2050». Available at: https://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs. (accessed 23 September 2024).
- [3] Strategic Plan of the Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan for 2017-2021, approved by Order of the Minister of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan dated December 20, 2019 No. 352/ HK. Available at: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38775285 (accessed 23 September 2024).
- [4] Annual report «Smallsat by the numbers» or Brycetech, 2023, Available at: <https://brycetech.com/reports> (accessed 23 September 2024).
- [5] Kulu, Erik. (2022). Nanosatellite Launch Forecasts 2022 - Track Record and Latest Prediction, Available at: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5166&context=smallsat> (accessed 23 September 2024).
- [6] Kazakhstan has launched a project to replace medium-resolution Earth remote sensing satellites. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/583708> (accessed 23 September 2024).
- [7] A.G. Yessengaliyev, A.B. Mukanov. High-precision satellite orbit propagation with estimation of the covariance matrix. // Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Mathematics. Computer science. Mechanics series. 2022, Vol.141, no4, P.6-27. https://doi.org/10.32523/2616-7182/bulmathenu_2022/4.1 (accessed 23 September 2024).
- [8] Sabol C., Burns R., McLaughlin C. A. Satellite formation flying design and evolution // Journal of satellite and rockets. 2001, vol. 38, no. 2, pp. 270-278. <https://doi.org/10.2514/2.3681>
- [9] G. W. Hill. On the part of the motion of the lunar perigee which is a function of the mean motions of the sun and moon. Acta Math. 1886, vol. 8, pp. 1-36. <https://doi.org/10.1007/BF02417081>
- [10] D'Amico, Simone, Montenbruck, Oliver, Arbinger, Christian & Fiedler, Hauke. Formation Flying Concept for Close Remote Sensing Satellites // Proceedings of the 15th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Conference, Colorado, January 23-27. 2005, 120, pp. 831-848.

-
- [11] Mazal L., Gurfil P. Cluster flight algorithms for disaggregated satellites //Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2013,vol. 36,no. 1. pp. 124-135.<https://doi.org/10.2514/1.57180>
- [12] Gill E. et al. Formation flying within a constellation of nano-satellites: The QB50 mission //Acta Astronautica. 2013,vol. 82. no. 1, pp. 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2012.04.029>
- [13] Bandyopadhyay S. et al. A review of impending small satellite formation flying missions //53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting. 2015, pp. 16-23. <https://doi.org/10.2514/6.2015-1623>
- [14] Goel A., Lee N., Pellegrino S. Trajectory design of formation flying constellation for space-based solar power //2017 IEEE aerospace conference. IEEE, 2017, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1109/AERO.2017.7943711>
- [15] Clohessy W.H., Wiltshire R.S. Terminal Guidance System for Satellite
- [16] Rendezvous // J. Astronaut. Sci. 1960. Vol. 27, № 9. P. 653–678.<https://doi.org/10.2514/8.8704>
- [17] Hill G.W. Researches in Lunar Theory // Am. J. Math. 1878,vol. 1,pp. 5–26.<https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.06927>
- [18] Denenberg E., Gurfil P. Debris avoidance maneuvers for satellite in a cluster //Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2017. vol. 40. no. 6. pp. 1428-1440. <https://doi.org/10.2514/1.G002374>
- [19] Liu G. P., Zhang S. A survey on formation control of small satellites //Proceedings of the IEEE. 2018,vol. 106,no. 3. pp. 440-457.<https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2794879>
- [20] Chen L., Guo Y., Li C., Huang J. Satellite formation-containment flying control with collision avoidance //Journal of Aerospace Information Systems. – 2018. – V. 15. – №. 5. – pp. 253-270.<https://doi.org/10.2514/1.I010588>
- [21] Di Mauro G., Lawn M., Bevilacqua R. Survey on guidance navigation and control requirements for satellite formation-flying missions //Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2018,vol. 41,no. 3, pp. 581-602. <https://doi.org/10.2514/1.G002868>
- [22] Galuzin V.A., Simonova E.V. Planning the survey of area objects of observation by a constellation of satellites // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, vol.20, no.6(2), 2018, pp. 344-351. <https://doi.org/10.14498/tech.2022.1/2>
- [23] Xu Y., Wang Z., Zhang Y. Bounded flight and collision avoidance control for satellite clusters using intersatellite flight bounds //Aerospace Science and Technology. 2019,vol. 94, p. 105425. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105425>
- [24] Sarno S. et al. A guidance approach to satellite formation reconfiguration based on convex optimization and genetic algorithms //Advances in Space Research. 2020,vol. 65,no. 8,pp. 2003-2017.<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.01.033>
- [25] Servidia P. A., España M. On autonomous reconfiguration of SAR satellite formation flight with continuous control //IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. 2021, vol. 57. no. 6. pp. 3861-3873.<https://doi.org/10.1109/TAES.2021.3082707>
- [26] Fourati F., Alouini M. S. Artificial intelligence for satellite communication: A review //Intelligent and Converged Networks. 2021,vol. 2,no. 3. pp. 213-243.<https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.10899>
- [27] B. Andrievsky, A.M. Popov, I. Kostin, J. Fadeeva. Modeling and Control of Satellite Formations: A Survey. Automation 2022, no 3, pp. 511–544. <https://doi.org/10.3390/automation3030026>.
- [28] Li Z. et al. A real-time effectiveness evaluation method for remote sensing satellite clusters on moving targets //Sensors. 2022,vol. 22,no. 8,pp. 2993.<https://doi.org/10.3390/s22082993>
-

- [29] Phillips S., Petersen C., Fierro R. Robust, resilient, and energy-efficient satellite formation control //Intelligent Control and Smart Energy Management: Renewable Resources and Transportation. – Cham : Springer International Publishing, 2022. pp. 223-251. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84474-5_8
- [30] Ortiz F. et al. Onboard processing in satellite communications using AI accelerators //Aerospace. 2023,vol. 10,no. 2. pp. 101. <https://doi.org/10.3390/aerospace10020101>
- [31] Akash S. et al. Modeling the Dynamics of Formation Flying Satellites// International Review of Aerospace Engineering. 2023,vol.16, №.6, pp. 233-246. <https://doi.org/10.15866/irease.v16i6.24128>

Ғарыш аппараттары топтамасын басқаруға қойылатын талаптарды талдау

Қ.С. Бактыбеков^{a*}, А.Е. Ашуров^b, Б.Р. Жумажанов^a

^a «Ghalam» ЖШС, Астана, Қазақстан

^b Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

e-mail: k.baktybekov@ghalam.kz , ashurov_ae@enu.kz , b.zhumazhanov@ghalam.kz

Аннотация. Қазіргі уақытта Қазақстанда Жерді қашықтықтан зондтау, байланыс және Заттар интернеті үшін пайдалануға болатын микро - және наноспутниктерді әзірлеуге, жобалауға және құрастыруға кірісті. Бұл міндеттер 20ға дейін немесе одан да көп спутниктерден тұратын топтамаларды қолдануды қажет етеді. Осыған байланысты қойылған мақсаттарды орындау үшін топтамаларды басқару міндеті туындайды. Бұл мақалада ұшу тапсырмаларын орындау кезінде туындайтын негізгі міндеттер мен проблемаларды анықтау үшін спутниктік топтамаларды басқару мәселелері бойынша ашық көздерден алынған мәліметтерге шолу жасалады. Топтаманы басқару белгілі бір тапсырманы орындау үшін берілген аппараттардың орналасу геометриясын сақтауды ғана емес, сонымен қатар ғарыштық қоқыстарға немесе басқа ғарыш аппараттарына байланысты әртүрлі маневрлер кезінде спутниктердің бір-бірімен соқтығысуын болдырмауды да қамтитыны көрсетілген. Маневрлерді жүргізу кезінде жанармай шығынын азайту, яғни спутниктердің бір-біріне қатысты қозғалыс маршруттарын оңтайландыру қажет. Ғарыш аппараттар топтамасын басқаруға арналған бағдарламалық жасақтаманы жасау кезінде бұл міндеттердің барлығын шешу қажет. Әдеби дереккөздерді талдау негізінде жүйенің сенімділігін, икемділігін, жанармай шығынын оңтайландыруды және ғарыштық операцияларға қатысты халықаралық ережелер мен нұсқаулықтарды сақтауды ескеретін спутниктік топтамаларды басқаруға қойылатын талаптар тұжырымдалған.

Түйін сөздер. Ғарыш аппараты, қозғалысты басқару, ұшу тапсырмасы, ғарыш қоқысы, спутниктер топтамасы.

Анализ требований к управлению группировкой космических аппаратов

Қ.С. Бактыбеков^{a*}, А.Е. Ашуров^b, Б.Р. Жумажанов^a

^a Товарищество с ограниченной ответственностью Ghalam, Астана, Казахстан

^b Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

e-mail: k.baktybekov@ghalam.kz , ashurov_ae@enu.kz , b.zhumazhanov@ghalam.kz

Аннотация. В настоящее время в Казахстане приступили к разработке, конструированию и постройке микро- и наноспутников которые могут использоваться для дистанционного зондирования Земли, связи и интернет вещей. Эти задачи предполагают использование группировки достигающих 20 и более спутников. В связи с этим возникает задача управления группировкой для выполнения поставленных целей. В данной статье проводится обзор из открытых источников по вопросам управления группировками спутников для выявления основных задач и проблем, возникающих при выполнении полетных заданий. Показано, что управления группировкой сводится не только к сохранению геометрии их расположения, которая задается для выполнения определенного задания, но связана с предотвращением столкновений спутников между собой при различных маневрах, из-за космического мусора или других космических аппаратов. При проведении маневров также необходимо минимизировать расход топлива, т.е. оптимизировать маршруты движения спутников относительно друг друга. Все эти задачи требуют своего решения при создании программного продукта для управления группировкой космических аппаратов. На основании анализа литературных источников сформулированы требования к управлению спутниковыми группировками учитывающие надежность, гибкость системы, оптимизацию расхода топлива и соблюдение международных правил и руководящих принципов космических операций.

Ключевые слова. Космический аппарат, управление движением, полетное задание, космический мусор, группировка спутников.

Жасанды интеллект көмегімен бұқтырма су қоймасының динамикасын модельдеу және болжау

Джунусова Мадина ^a✉, Ракишева Диляра ^b

^a Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі, Астана халықаралық университеті, 010000, Астана, Қазақстан

^b Механика-математика факультеті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, 010000, Астана, Қазақстан

✉ Автор-корреспондент

Аңдатпа. Бұл жұмыс Бұқтырма су қоймаларының жағдайын бақылау және болжау үшін қашықтықтан бақылау әдістерін қолдануды зерттеуге арналған. Климаттың өзгеруі және су ресурстарына антропогендік қысымның күшеюі жағдайында су қоймаларын тиімді басқару өзекті міндетке айналып отыр.

Зерттеу су қоймасының сыйымдылығын, су сапасын және жағалау сызығының өзгеруін бағалау үшін ғарыштық бейнелеу және географиялық ақпараттық жүйелерді пайдалану сияқты заманауи қашықтықтан бақылау технологияларын зерттейді. Деректерді талдау су деңгейінің өзгеру тенденцияларын анықтауға, сондай-ақ климаттың өзгеруіне және маусымдық ауытқуларға негізделген ықтимал сценарийлерді болжауға мүмкіндік береді.

Ұсынылған тәсіл спутниктік суреттердегі резервуарларды дәл анықтау және сегменттеу үшін конволюционды нейрондық желілерді пайдаланады. Деректер жинағы 2000-2023 жылдар аралығындағы USGS Earth Explorer, ESA Sentinel Data Hub арқылы алынған үлкейтілген кескіндерді қоса, RGB түсті үлгідегі 196 спутниктік кескіннен тұрады.

Түйін сөздер: спутниктік суреттер, машиналық оқыту, қашықтықтан зондтау, климаттың өзгеруі, қоршаған ортаның мониторингі.

Кіріспе

Шығыс Қазақстандағы Ертіс өзенінде орналасқан Бұқтырма су қоймасы өңірдің тарихы мен экономиканың ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл қойма Кеңестік құрылысшы Александр Бухарскийдің есімімен аталған. Оны құру көптеген сарапшылар мен кәсіби мамандардың жұмысын қоса алғанда, айтарлықтай күш пен ресурстарды қажет етті.

Бұл зерттеудің ғылыми жаңалығы - Бұқтырма су қоймасының ауданын динамикалық түрде модельдеу және оның дамуын болжау мақсатында жасанды интеллект технологияларын, атап айтқанда машиналық оқыту, нейрондық желілер және кескінді өңдеу әдістерінің жаңаша үйлесуін пайдалануымызда. Бұл әдістер осы салада бұрын қолданылмағанын белгілі. Сондықтан зерттеу арқылы еліміздегі су апаттарынан сақтану шараларын әзірлеу, сондай-ақ су

қоймаларын жобалау және су ресурстарын басқару саласында жаңа түсініктер мен болжамдардың мүмкіндіктерін ашуға мүмкіндік бар.

Материалдар мен тәсілдер

Есептеу технологиясының жетістіктері жасанды интеллектті (ЖИ) резервуар өлшеміндегі өзгерістерді болжауда қолдануға түрткі болды. Жасанды нейрондық желілер (ANN) су массасының өлшемдеріндегі ауытқуларды қамти алатын күрделі гидрологиялық процестерді модельдеу үшін кеңінен қолданылады. Осындай математикалық модельдерді пайдалану, зерттеушілер су деңгейлеріне, климаттық үлгілерге және гидрологиялық көрсеткіштерге қатысты деректерді зерделеу арқылы бұл ауытқуларды болжауға мүмкіндік берген.

Бұдан басқа, климаттық айнымалылар мен гидрологиялық параметрлерге негізделген су

қоймаларының өлшемдеріндегі өзгерістерді болжау үшін ANL жүйесі қолданылады. Мысалы, зерттеушілер резервуар аудан өлшемдерін болжау, жауын-шашын деңгейін, температураның өзгеруін және күн радиациясын болжау үшін деректерді статистикалық формулалар бойынша анализдейді және осы ақпараттар негізінде бізге керек қорытындылар мен нәтижелерді шығара аламыз. Бұл айта кетерліктей, дайын математикасы бар метеорологиялық алгоритм болып табылады. Қазіргі кезде мұндай әдістерді шағын зерттеулерде кеңінен қолданып жатыр. Себебі, бұл тәсіл біріншіден, адам ресурсын аз мөлшерде талап етеді. Екіншіден, тез жұмыс жасайды. Бірақ, бұл жолдың көптеген кемшіліктері де бар екенін айта кету керек.

Нәтижелер

Зерттеу барысында соңғы 23 жылдық тарихи дерек, спутник суреттерін USGS Earth Explorer және ESA Sentinel Data Hub веб-сайтын көмегімен деректер жиналып, суреттер жоғары сапада кеңістіктіктегі сапасымен жерді бақылауды қамтамасыз ететін Sentinel-2, Landsat 7, Landsat 8 және Landsat 9 көмегімен су қоймасын зерттеу барысында үлкен рөл атқарғанын ұмытпаған жөн.

Су қоймаларында болып жатқан табиғи процестерді түсіну маусымдық тенденцияларды және өзгеру циклдерін анықтау мүмкіндігін талап етеді, бұл деректерді маусымға сәйкес бөлу арқылы қол жеткіздік. Сонымен қатар, ол су қоймаларымен байланысты экологиялық мәселелерді шешу бойынша нақты тұжырымдар мен ұсыныстар береді.

Маусымдарға бөлу үшін python тілінде код жазылып, кітапханаларды импорттау арқылы OpenCV, деректерді өңдеу NumPy және визуализация Matplotlib қолданылды.

Суреттерді жүктеу және өңдеу функцияларын орнату барысында process_image функциясы бірнеше кескінді өңдеу және көрсету үшін пайдаланылды. Сонымен қатар, деректерді маусым бойынша сорттау барысында, кескіндерді қамтитын файлдар және әр маусым күні-айы-жылы бойынша тізімі жасалып деректерді өңдеу және визуализациялау үшін сәйкес функциясы пайдаланылды.

Жасанды интеллект көмегімен су қоймалардың ауданын есептеу үшін, әрбір көл түсі RGBA түс үлгісін анықтау программасын пайдалана отырып маска құрылды.



1-сурет. Қойма ерекшеленген маска.

(MSE) үшін ең жақсы мән $-0,009098089217$. Бұған 166 итерацияда қол жеткізілді.

Модельдің сапасын бағалау: сынақ деректер жиынтығындағы орташа квадраттық қате $8.277524155549255 \cdot 10^{-5}$. Бұл модельдің жоғары сапасын және оның жаңа деректерді дәл болжау қабілетін көрсететін мән.

Жалпы, `picatboostregressor` оқыту нәтижелері модельдің сәтті үйретілгенін және деректерді жақсы қорытындылай отырып, сынақ деректер жинағында жоғары дәлдікті көрсететінін көрсетеді.

Талқылау

Жасалған зерттеу жұмысын талқыласақ, егер нақты мәндер мен болжамды мәндер

[240 rows x 2 columns]



4-сурет. 20 жылға жасалған аудан болжамы

арасында айырмашылық болса, бұл бағдарламадағы қатені немесе ақауды көрсетеді. Бұндай айырмашылықтар әртүрлі себептерге байланысты болуы мүмкін. Оқу деректерінің жеткіліксіздігі, модельді нашар таңдау, таңдауда ескерілмеген климат пен қоршаған ортаның күтпеген өзгерістері немесе алгоритм үшін ақпараттың жеткіліксіздігі және деректердегі барлық өзгерістерді көрсету сияқты.

Төмендегі 4-суреттегі диаграммада алдағы 20 жылдағы су қоймасының ауданының болжамды динамикасы көрсетілген. Бұл болжам болашақта су қоймасының өзгерістерін интуитивті түрде түсінуге мүмкіндік беретін график болып табылады.

Бұл деректер жер жұмыстарын жоспарлау және су қоймасының ресурстарын басқару кезінде пайдалы құрал бола алады. Болашақта су қоймасының көлемі қалай өзгеретіні туралы ақпарат береді, бұл су қорлары бойынша көптеген аспектілерде шешім қабылдауда, қоршаған ортаны қорғауда, су тасқыны қаупін болжауда пайдалы.

Осы диаграмманы талдағаннан кейін біз аймақтағы тенденциялар мен циклдік өзгерістерге назар аудару аламыз су қоймаларының деңгейінің өсу, құлдырау немесе тұрақтылықтың мүмкін кезеңдерін анықтадық.

Қорытынды

Бұл зерттеуде біз Бұқтырма су қоймасының ауданы жайындағы деректерге кешенді сараптама жүргізу үшін әртүрлі әдістер мен бағдарламалар қолдандық.

Әртүрлі дерек көздерінен алынған ақпараттарды анықтап, соның ішінде ғарыштық бейне суреттерді және метеорологиялық жазбаларды біріктіріп, деректерді жинақтап, алдын ала өңдеу жұмыстары орындалды.

Satboostregressor және дискретті Фурье түрлендіру модельдері сияқты машиналық үйретудің әртүрлі модельдері, жылу карталары арқылы деректерді визуализациялау, корреляциялық матрицалар құру және кластерлеу сияқты бірқатар аналитикалық әдістер қолданылды.

Бұл зерттеулердің нәтижелері су ресурстарын басқару және елдің экологиялық мәселелерін шешу үшін өте маңызды болып табылады. Бұл алгоритм гидрология, экология және инфра құрылымды жоспарлауда шешім қабылдаудың маңызды құралы бола алады.

Әдебиеттер

- [1] J. T. Brock, S. R. Carpenter. "Modeling and Simulation of Reservoir Dynamics". Water Resources Research, – 1991. – Vol.27: – P. 123-138.
- [2] N. Wright, S. Liu, A. Popescu. "Computational Fluid Dynamics Modeling of Reservoir Sedimentation and Water Quality Management". Environmental Modelling & Software, – 2008. – Vol.23: – P. 723-737.
- [3] C.J. Merchant. "Satellite Remote Sensing for Water Resources Management: Current Uses and Future Opportunities". Water Resources Management, – 2012. – Vol.26: – P. 879-896.
- [4] P. Kumar, J.C. Alameda. "Hydroinformatics: Data Integrative Approaches in Computation, Analysis, and Modeling". CRC Press, – 2010. – P. 1-512.
- [5] D. Kumar, P. Johri. "Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis". Springer, – 2020. – P. 1-250.

References

- [1] J. T. Brock, S. R. Carpenter. "Modeling and Simulation of Reservoir Dynamics". Water Resources Research, – 1991. – Vol.27: – P. 123-138.
- [2] N. Wright, S. Liu, A. Popescu. "Computational Fluid Dynamics Modeling of Reservoir Sedimentation and Water Quality Management". Environmental Modelling & Software, – 2008. – Vol.23: – P. 723-737.
- [3] C.J. Merchant. "Satellite Remote Sensing for Water Resources Management: Current Uses and Future Opportunities". Water Resources Management, – 2012. – Vol.26: – P. 879-896.
- [4] P. Kumar, J.C. Alameda. "Hydroinformatics: Data Integrative Approaches in Computation, Analysis, and Modeling". CRC Press, – 2010. – P. 1-512.
- [5] D. Kumar, P. Johri. "Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis". Springer, – 2020. – P. 1-250.

Моделирование и прогноз динамики Буктарминского водохранилища с использованием искусственного интеллекта

Джунусова Мадина ^{a✉}, Ракишева Диляра ^b

^a Высшая школа информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, 010000, Астана, Казахстан

^b Механико-математический факультет, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 010000, Астана, Казахстан

✉ Автор-корреспондент

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию использования методов дистанционного зондирования для мониторинга и прогнозирования состояния Буктарминских водохранилищ. Эффективное управление водоемами становится актуальной задачей в условиях изменения климата и увеличения антропогенной нагрузки на водные ресурсы.

В исследовании изучаются современные технологии дистанционного зондирования, такие как использование космических изображений и географических информационных систем для оценки площади водохранилищ, качества воды и изменений береговой линии. Анализ данных позволяет выявить тенденции изменения уровня воды, а также спрогнозировать возможные сценарии, основанные на изменении климата и сезонных колебаниях.

Предлагаемый подход использует сверточные нейронные сети для точной идентификации и сегментации резервуаров на спутниковых изображениях. Набор данных состоит из 196 спутниковых изображений в цветовой модели RGB, включая изображения высокого разрешения, полученные USGS Earth Explorer и ESA Sentinel Data Hub, с 2000 по 2023 год.

Ключевые слова: спутниковая съемка, машинное обучение, дистанционное зондирование, изменение климата, мониторинг окружающей среды.

Modeling and forecasting the dynamics of the Buktarma reservoir using artificial intelligence

Madina Junussova ^{a✉}, Dilyara Rakisheva ^b

^a Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University, 010000, Astana, Kazakhstan

^b Faculty of Mechanics and Mathematics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010000, Astana, Kazakhstan

✉ Corresponding Author

Abstract. This work is devoted to the study of the use of remote sensing methods for monitoring and forecasting the condition of the Buktarma reservoirs. Effective management of water bodies is becoming an urgent task in the context of climate change and increasing anthropogenic pressure on water resources.

The study examines modern remote sensing technologies, such as the use of satellite imagery and geographic information systems to estimate reservoir extent, water quality, and shoreline changes. Data analysis allows us to identify trends in water levels, as well as predict possible scenarios based on climate change and seasonal fluctuations.

The proposed approach uses convolutional neural networks to accurately identify and segment reservoirs in satellite images. The dataset consists of 196 RGB satellite images, including high-resolution images from USGS Earth Explorer and ESA Sentinel Data Hub, from 2000 to 2023.

Keywords: satellite imaging, machine learning, remote sensing, climate change, environmental monitoring.

Қазақстанда отандық өнімдерді жарнамалау мен сату бизнесін ұйымдастыруды автоматтандыру әдістері

Дәметкен Байғожанова^a, Набира Ермекова^a, Алтемір Сабантаев^b

- ^a Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі, Астана халықаралық университеті, 010000, Астана, Қазақстан
- ^a Физика-математика факультеті, Илияс Жансүгіров атындағы Жетісу университеті КЕ АҚ 040000, Талдықорған, Қазақстан
- ^b Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі, Астана халықаралық университеті, 010000, Астана, Қазақстан
- Автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада отандық өнімдерді жарнамалау және сату саласындағы бизнес-процестерді автоматтандырудың теориялық негіздері мен оны жүзеге асырудың әдіс-тәсілдері беріледі. Сонымен қатар, отандық тауарлардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға көмектесетін заманауи технологиялар мен құралдар қарастырылады. Зерттеудегі негізгі мақсатымыз – отандық өнімдерді жарнамалау және сату саласындағы бизнес-процестерді ұйымдастыру мен оларды практикада жүзеге асырудың түрлі әдістерін көпшілік қауымға ұсыну, ал, зерттеу объектісі – отандық өнімдер мен тауарларды жарнамалау мен сату болып табылады. Зерттеу жұмысының жаңалығы – Отандық тауар өндірушілерге бағытталған жарнама мен өнімді өткізуді автоматтандырудың инновациялық, яғни жаңаша тәсілдерін әзірлеу және өмірде қолданысқа енгізу. Сонымен қатар, ұсынылып отырған тәсіл заман талабына сай автоматтандыру әдістерін жергілікті өндірілген өнімдерді жарнамалауға және сатуға бағытталған бірегей шешімдермен біріктіруді көздейді. Келешекте, зерттеу жұмысының нәтижелерін отандық әртүрлі салада: мысалы, медицинада денсаулықты сақтауға арналған өнімдерді, нақты өнім ретінде «глобал тренд» компаниясының нано-бальзам, Павлов спринг, әйелдерге арналған гель және тағы басқа да өнімдерін, ауыл-шаруашылығында өндірілетін азық-түлік немесе халыққа тұтынуға арналған киім-кешектер мен техникалық құралдар, яғни тауарлық өнімдерді жарнамалау мен сатуды әртүрлі кәсіпорындар мен компанияларға қолданысқа енгізуге ұсынуға болады деп есептейміз.

Түйін сөздер: отандық өнім, жарнамалау, сату, бизнес-процесс, заманауи әдістер, Global trend, автоматтандыру.

Кіріспе

Қазіргі заманда, біздің елімізде ақпараттық технологияларды кез-келген салаға қолдану қарқынды дамуда деп айта аламыз, атап айтар болсақ, білім беру, банк саласы, медицина, халыққа қызмет көрсету және тағы да басқа көптеген салаларда кейбір ТМД мемлекеттермен салыстырғанда жетістіктеріміз жақсы жолға қойылған деуге болады. Ал, бір өкініштісі, дәл осы мерзімде әлемнің «Ең ірі технологиялы» компаниялары бар мемлекеттерде, әсіресе ақпараттық технологиялары өте жоғары дәрежеде дамыған Корея республикасы, Сеул (Samsung Electronics), Жапония (NTT,

Panasonic), АҚШ, California (Apple), АҚШ, New York (IBM), Германия (Siemens), Қытай, Hong Kong (China Mobile), Швеция, Stockholm (Ericsson) және тағы да басқа мемлекеттермен жасыратыны жоқ, өзімізді салыстыра алмайтын дәрежедеміз.

Тек қана ақпараттық технологияларды шығаратын емес, оларды қолдану саласы бойынша өзге елден аларымыз, үйренетініміз өте көп. Ақпараттық технологиялар және жасанды интеллектінің өте жоғары дәрежеде дамуы мен олардың кез-келген салада қолданысқа енгізілуі кезек күттірмейтін *өзекті мәселелердің* бірі. Жоғарыда аты аталған және аталмай қалған қанша мемлекеттерде ақпараттық технологияларды

қаншалықты өндіріп нарыққа шығаруына және одан керемет пайдаға кенелуінің бірден-бір себебі, оларда бизнес процесінің жоғары деңгейде дамуы болып отыр. Сол себепті, біз технология өндірмесек те, еш болмаса Қазақстанда өндірілетін өнімдерді жарнамалау мен оларды сату бойынша бизнес процесін автоматтандырудың әдіс-тәсілдерін игерудің *қажеттілігі* туындайды. Міне, біздің зерттеу жұмысымыздың *өзектілігін* осыдан айқын көруімізге болады. Жоғарыда келтірілген мәліметтерді негізге ала отырып, біздің зерттеу жұмысымыздағы көздеген *мақсатымыз*: Қазақстанда өндірілетін отандық өнімдерді жарнамалау және сату барысында бизнес процесін ұйымдастырып, оларды жүзеге асыруда ақпараттық технологияларды кеңінен пайдалану арқылы автоматтандыру жұмыстарын жүргізудің әдіс-тәсілдерін зерттеу және іс-жүзінде жүзеге асыру болып табылады.

Материалдар және әдістер

Біз зерттеуіміздің бұл бөлімінде жалпы Қазақстанда отандық өнімдер өндіруді жарнамалау мен сату бойынша жалпы бизнес процесі қалай дамуда? – деген сұрақтарға қысқаша тоқталып өткенді жөн көрдік. Біздің елімізде соңғы жылдары отандық өнімдерді өндіру және оны нарыққа шығарып сату бойынша бизнес процесі жан-жақты бірнеше бағытта дамып келеді.

Мемлекеттік қолдау. Бизнес жасаймын деген әрбір кәсіпкерге мемлекетіміз тарапынан қолдау көрсетілуде. Атап айтар болсақ, үкіметіміз отандық өнім өндірушілерді қолдау үшін түрлі бағдарламалар мен субсидиялар енгізілуде.

Кәсіпкерлерге қаржылық көмек көрсетіледі, салық жеңілдіктері жасалып инфрақұрылымды дамыту арқылы жүзеге асырылады.

Инновациялар (жанашаландыру) мен технологиялар. Көптеген ірілі-ұсақты компаниялар жарнамалауға және нарыққа шығаруға жаңа технологияларды енгізу арқылы өндірілген өнімнің сапасын арттыруға және өндіріс тиімділігін жоғары деңгейге көтеруге ат салысуда. Бұл әдіс, әсіресе ауыл шаруашылығында ет, сүт

өнімдерін өңдеу өнеркәсібінде айқын байқалуда.

Экспортты дамыту. Қазақстанның экспорттық әлеуетін арттыру мақсатында отандық өнімдерді шетел нарықтарына шығару үшін маркетингтік стратегиялар мен көрмелер ұйымдастырылуда. Олар бірнеше кезеңді қамтиды. 1- кезеңде нарықты зерттеу қажет яғни, мұнда нарықтың қажеттіліктерін, бәсекелестерді және тұтынушылардың талаптарын анықтау мен мақсатты нарықтарды таңдай білу қажет. Ал, екінші негізгі кезеңнің бірі - маркетингтік стратегия: мұнда *бренд* қалыптастыру керек, ол үшін отандық өнімдердің сапасын, басқа өнімдерден ерекшеліктерін және оның артықшылық тұстарын баса көрсету қажет. Сонымен қатар, *баға* саясатын анықтау үшін, бәсекеге қабілетті баға тағайындау және тарату арналарын таңдауға дистрибьюторлар, online платформалар дайындау қажеттілігі туындайды. Келесі кезеңдерде: *халықаралық* деңгейде *көрмелер* мен *жәрмеңкелер* ұйымдастыру, мұнда байланыс орнату арқылы халықты отандық өнімдермен таныстыру жүзеге асырылады. Көрнекі материалдар, өнім үлгілері мен ақпараттық мағлұматтармен қамтамасыз етілген көрме қабырғалары жасалады. Әлеуметтік желілер интернет арқылы жарнамалар жасау, мақалалар жазу, интервью мен пресс-релиздер жүргізіледі. Сонымен қатар, тұтынушылармен кері байланыс орнатуды қарастыру, пікіралмасу және ұсыныстар жасау, кепілдік беру мен техникалық жағынан қолдау көрсету арқылы сатуға қолдау көрсетіліп нәтижелер бағаланады. Осындай әдістер мен стратегиялар арқылы отандық өнімдерді тиімді жарнамалау нәтижесінде экспортты жоғары дәрежеде дамытуға болады.

Тұтынушылардың сұранысы. Соңғы жылдары отандық өнімдерге деген сұраныс артып келе жатқандығының куәгеріміз, өйткені, жалпы мегаполистерде, яғни ірі қалаларда тұратын халық денсаулықтарына мән беріп, әсіресе экологиялық таза және сапалы табиғи өнімдер тұтынуға ден қоя бастады. Демек, бұл тұтынушылардың

отандық өнімдерге деген сенімінің тұрақтала бастағандығын көрсетеді.

Кәсіпкерлік мәдениет. Кәсіпкерлік мәдениетінің дамуы, жастардың кәсіпкерлікке қызығушылығының молаюы, стартап жобалардың көбеюі отандық өнімнің өндірісін арттыруға зор ықпалын тигізуде. Жоғарыда келтірілген факторлар елімізде отандық өнім өндіру мен сату барысында бизнес процесінің дамуына жақсы септігін тигізуде [1].

Жоғарыда аталған теориялық негіздемелерді растауымыз үшін бірнеше нақты мысалдар келтіргенді дұрыс деп есептедік. Қазақстанда отандық өнімдерді жарнамалау және оны нарыққа шығару бойынша бизнес процесі әр түрлі салаларда бірнеше бағытта дамып жатқандығына куәміз. Атап айтар болсақ, "ҚазМұнайГаз": Энергетика секторында жетекші, мұнай мен газ өндіруден үлкен пайда әкеледі. "Қазақстан Темір Жолы": Логистика мен тасымалдау саласында маңызды рөл атқарады және елімізде экономиканың дамуына ерекше әсер етеді. "ҚазМұнайГаз" және "Қазақстан Темір Жолы", елдің экономикалық дамуына зор әсер етеді. "ҚазМұнайГаз" компаниясы Қазақстанның мұнай және газ секторында жетекші орын алады. Оның өнімдері негізінен келесі елдерге экспортталады: Қытай - Қазақстанның мұнай экспортында маңызды нарық. "ҚазМұнайГаз" мұнайын Қытайға жеткізу үшін арнайы құбырлар жүйесі бар. Ресей - Қазақстан мен Ресей арасындағы мұнай тасымалдау келісімдері аясында, "ҚазМұнайГаз" өнімдері Ресей нарығына да шығарылады. Еуропа елдері - Қазақстанның мұнайы Еуропаға да экспортталады, әсіресе Италия, Нидерланды және Германия сияқты елдерге. Түркия - Түркия да Қазақстанның мұнайын импорттайтын елдердің бірі. "ҚазМұнайГаз" компаниясы халықаралық нарықта бәсекеге қабілетті болу үшін, экспорттық бағыттарын кеңейтуге және жаңа нарықтарға шығуға тырысады. Ал, ауылшаруашылық өнімдеріне негізделген, Агроөнеркәсіптік кешен бар: мұнда, біз еліміздің әлемдегі ең ірі астық өндірушілердің бірі екендігімізді жақсы білеміз. Отандық фермерлер мен

агрокомпаниялар заманауи технологияларды астық өндіру барысында тиімді қолдану арқылы өнімділікті жылдан-жылға арттыруда, мұндай жетістіктер көңіл қуантады. Сонымен қатар, агроөнеркәсіптік саланың тағы бір жетістігі "Сүт өнімдері", оның ішінде сүт, йогурт, ірімшік, қаймақ және т.б., ағарған түрлерін елімізде кеңінен тұтынылады, мысалы "Сүт (Молоко)" компаниясы сүт өнімдерін өндіруде жетекші орын алады және ішкі нарықта бәсекеге қабілетті. Ал, "Ет өнімдері" саласында отандық брендтер, сиыр, қой және жылқы еттерін өндіру бойынша мысалы, "Агрофирма Сыбаға" және "Агрофирма Талапкер", нарықта бәсекелестікке қабілетті өнімдер ұсынуда ерекше жетістіктерге қол жеткізуде. "Ет өнімдері"- де ішкі нарықта жоғары сұранысқа ие, сонымен қатар Ресей, Қытай және Еуропа елдеріне экспортталады. Қазақстанымызда Ұн өндірісі де жетекші орында, атап айтсақ, "Қазақстанның Ұн Өндірушілер Одағы" елдегі ұн өндірісін дамытуға және экспортқа шығаруда шешуші роль атқарады [2, 3].

Технологиялық стартаптар. IT-сектор: Қазақстанда IT стартаптар саны артып келеді. Мысалы, "Chocotravel" отандық туристік платформа, ол Қазақстанның туристік әлеуетін дамытуға бағытталған.

Финтех: "Kaspi.kz" — қаржылық қызметтерді ұсынатын платформа, мұны бәріміз де күнделікті сауда жасауда тиімді пайдаланудамыз, демек, бұл отандық бизнесті жаңарта түсуде аса маңызды рөл атқаруда.

"Global-Trend" - компаниясы медицина саласының альтернативі ретінде адам денесіне қажетті дәрумендер мен құнды азық-түлік өнімдерін өндіруде инновациялық технологияларды қолдана отырып, өнім сапасын арттыруда және нарықта бәсекеге қабілетті екендігін әлемге паш етуде десек, қателеспейміз. Өйткені, бүгінде, бұл компанияның адам ағзасына өте пайдалы бірнеше өнімдері бар, атап айтар болсақ: Нано технологиялармен өндірілген Pavlov spring концентраты негізінде жасалған нано бальзамдар, күндізгі және түнгі тіс пасталары кешенді түрде емге пайдаланылады, сонымен

қатар, әйелдерге арналған косметикалық бұйымдар мен гельдер және онкологиялық ауруларды жеңілдетуге және алғашқы стадиясында емдеуге арналған "Global-Trend"- теңдесі жоқ керемет өнімдері бар. Бүгінгі күні, халықаралық деңгейде сатылымда. Атап айтар болсақ, Қытай, Ресей, Турция, Германия, Еуропа елдеріне экспортталуда [4-5].

"Биосфера" компаниясы экологиялық таза өнімдер шығарады, бұл отандық өндірісті дамытуға үлес қосуда. *Онлайн дүкендер:* "Sulprak" және "Technodom" сияқты отандық компаниялар онлайн сауда платформаларын дамытып, тұтынушыларға электрондық коммерция жасауды жүзеге асыруға ыңғайлы қызметтер ұсынып отыр.

Біз қазір, Қазақстанда отандық өнімдер өндіруді жарнамалау мен сату бойынша жалпы бизнес процесі қалай дамуда? – деген сұрақтарға жауап берсек, ендігі жерде Отандық өнімдерді жарнамалау мен сатуды ұйымдастыру бойынша бизнес процесін автоматтандырудың бірнеше *әдістеріне* қысқаша анықтамалар беріп өтейік.

CRM Жүйелері: Клиенттермен қарым-қатынасты басқару (CRM) жүйелері клиенттермен байланыс орнатуға, сату процесін бақылауға және маркетингтік науқандарды автоматтандыруға мүмкіндік береді. Мысалы HubSpot, Salesforce. Электрондық коммерция платформалары: Shopify, WooCommerce сияқты платформалар арқылы онлайн дүкендер ашып, өнімдерді сату процесін автоматтандыруға болады. Маркетингтік автоматтандыру құралдары: Mailchimp, Marketo сияқты құралдар электрондық пошта маркетингін, әлеуметтік медиа жарнамаларын және басқа да маркетингтік науқандарды автоматтандыруға көмектеседі. Деректерді талдау: Google Analytics, Яндекс.Metrica сияқты құралдар арқылы веб-сайттың трафигін, клиенттердің мінез-құлқын және сату көрсеткіштерін талдау. Сатуды автоматтандыру: SFA (Sales Force Automation) жүйелері сату процесін автоматтандыруға, сату командасының өнімділігін арттыруға және клиенттермен қарым-қатынасты жақсартуға мүмкіндік береді. Әлеуметтік медиа басқару: Hootsuite,

Buffer сияқты құралдар әлеуметтік медиа платформаларында контентті жоспарлауға және жариялауға көмектеседі. Чат-боттар: Веб-сайттар мен әлеуметтік медиа платформаларында клиенттермен байланыс орнату үшін чат-боттарды пайдалану. Вебинарлар мен онлайн курстар: отандық өнімдерді таныстыру үшін вебинарлар мен онлайн курстар ұйымдастыру. Ендігі жерде жарнамалау әдістеріне жалпы шолу жасайық. Отандық өнімдерді жарнамалау әдістері [6].

Цифрлық маркетинг. Әлеуметтік медиа жарнамасы: әлеуметтік желілер арқылы медиа жарнамасы цифрлық маркетингте негізгі рөл атқарады, олар: Instagram, Facebook, ВКонтакте, Tik-Tok – секілді платформалар арқылы жарнама беру болып табылады. Мысалы, Instagram-дағы жарнамалар визуализациясы арқылы өнімнің ерекшеліктерін көрсету. Орташа статистика бойынша, медиа платформаларындағы жарнама ROI инвестиция қайтарымын 4-6 есеге дейін ұлғайтуға септігін тигізеді.

Инфлюенсерлік маркетинг - те жоғары оқырмандары бар блогерлермен немесе танымал тұлғалармен ынтымақтастық жасауды толығымен меңгерген басшының көзқарасымен біздің клиенттеріміздің көзқарастарының сәйкес келуі өте маңызды.

Контент-маркетинг - дегеніміз блогтар мен мақалалар жазуға, өндірілетін отандық өнімнің ерекше қасиеттерін сипаттап көрсетуге және клиенттердің аудиториямен байланысын нығайтуға жасалған мүмкіндіктерді әдемі көрсетуге арналған жарнама форматы болып есептеледі [6]. Мысалы, сауалнамалар жасау немесе нәтиже алуға болатын оқиғалар туралы ақпараттарды жан-жақты тарату және т.б.

Дәстүрлі жарнама – беру, бұл бұрыннан қолданып келе жатқан теледидар, радио, телефондарды қолданып беріледі. Қандай да бір үлкен аудитория жинау үшін теледидар мен радио жарнамаларын пайдалану, Қазақстанда, әсіресе, жастар мен отбасыларға бағытталған телевизиялық бағдарламаларда жарнама беруді тиімді етеді.

Газеттер мен журналдарда – отандық өнімдердің ерекшеліктерін сипаттап мақалаларды жариялау, немесе жарнамалық

парақшалар орналастыру арқылы жарнамалар беру.

Сыртқы жарнамаларға – негізінен билбордтар және плакаттар жатады. Оларды стратегиялық орындарда, мысалы, денсаулық сақтау пункттерінде, дүкендер мен базарлар маңында, яғни адамдар көп жүретін елді мекендерде орналастыру тиімді. Сыртқы жарнама көп жағдайларда визуализацияны, назар аударуды, еске сақтауды қамтамасыз етеді.

Көрмелер мен жәрмеңкелер: отандық өнімдерді тікелей тұтынушыларға көрсету және олармен тікелей байланыс орнату, кемшіліктер мен пікірлер алмасу. Отандық өнімдер жәрмеңкелерінде тұтынушылардан кері байланысты жинау да маңызды. Отандық өнімдерді жарнамалау мен сатып бизнес жасаудың әдістері мен материалдары заманауи нарықтың қажеттіліктеріне және тұтынушылардың сұраныстарына қарай негізделген.

Жоғарыда атап көрсетілген әдістер мен *материалдар* бұл отандық өнімдерді жарнамалау мен сатуды ұйымдастыру бойынша бизнес процесін автоматтандырудың тиімді әдістері болып табылады.

Нәтижелер

Қазақстанда отандық өнімді жарнамалау және сату саласындағы бизнес-процестерді автоматтандыруды талдауды жалғастыра отырып, біз жиналған ақпараттарды автоматтандырудың кәсіпорындарға

тигізетін әсерін көрсету үшін талдауларды Кесте – 1 түрінде ұсынамыз .

«Атамекен» кәсіпкерлерінің Ұлттық палатасының хабарлауынша, жарнама және өнімді сату саласында автоматтандыруды енгізген кәсіпорындар орташа есеппен сатылымның 12%-ға өскенін атап өтеді. Бұл мағлұмат тұрмыстық тарату арналарының кеңеюімен және цифрлық платформалар арқылы клиенттердің отандық өнімдерді неғұрлым тиімді сатып алумен байланысты болып табылады.

Статистика комитетінің мәліметінше, автоматтандыру процестерді оңтайландыру және қол еңбегін қысқарту есебінен болатын шығындарын орта есеппен 18%-ға төмендетуге мүмкіндік беретіндігі айтылған. Ал, Қазақстандық индустрияны дамыту институтының зерттеулері бойынша - кәсіпорындардан берілген тапсырыстарды өңдеу уақыты 5 күннен 1,5 күнге дейін қысқаратындығы дәлелденген. Мұндай нәтижелердің болуы клиенттерге қызмет көрсетуді жеңілдетіп, жақсартады және тұтынушылардың адалдығының артуына септігін тигізеді.

Қазақстанның цифрлық экономикасы жөніндегі Дүниежүзілік банктің есеп беруіне қарағанда, отандық өнімдерді жарнамалау мен сатуды автоматтандыру процесінің кәсіпорындардың еңбек өнімділігінің жалпы өсімін 5-7% - ға арттыруға ықпал ететіндігі анықталған [7].

Жоғарыда келтірілген мағлұматтарды есепке ала отырып, төмендегіше 1 - кесте құруымызға болады [8].

Кесте 1 – Бизнес процесін автоматтандырудың қазақстандық кәсіпорындар қызметінің маңызды көрсеткіштеріне әсері

Көрсеткіш	Автоматтандыруға дейін	Автоматтандырудан кейін
Сатылымның өсуі (%)	0%	12%
Операциялық шығындардың төмендеуі (%)	0%	18%
Тапсырысты өңдеу уақыты (күндер)	5 күннен	1.5 күнге
Еңбек өнімділігінің өсімі	5%	7%

Талдау

Зерттеу жұмысы бойынша жүргізілген деректерге талдау жасау – стратегиялық шешімдер қабылдауда басты рөл атқаратындығын, сонымен қатар, тұтынушылардың мінез-құлқы, нарықтың серпінін және бизнес-процестердің тиімділігі туралы ақпараттарды жинау және өңдеу, кәсіпорындарға заманауи өзгерістерге тез бейімделуге және бәсекелестерден озып кетуге мүмкіндік беретіндігін көрсетті.

Жергілікті нарықта бәсекелестіктің күшеюі бұл жүйелердің тұрақтылығы мен тиімділігін айтарлықтай дәрежеде арттыруға мүмкіндік беретін құбылыс болып табылады. Алайда, отандық өнімдермен бизнес жасауды автоматтандыру процесі бірқатар *кедергілермен* бетпе-бет келіп отырады. Оның негізгілерінің бірі, қаржыландырудың жеткіліксіздігі және қазіргі заманғы технологияларға, әсіресе шағын және орта кәсіпкерлік үшін қолжетімділіктің шектеулілігі болып табылады. Мұндай жағдайлардың орын алуы инновациялар қарқынын бәсеңдетіп, ұзақ мерзімді бизнес көрсеткіштерін төмендетуі мүмкін. Тағы аса маңызды факторлардың бірі – АТ және цифрлық маркетинг саласындағы білікті мамандардың жетіспеушілігі. Отандық өнімдерді жарнамалау және сатылымға шығару бойынша бизнес жасауды автоматтандыру процесі табысты болу үшін мамандарды оқытуға және біліктіліктерін арттыруға инвестицияларды талап етеді. Осындай өзекті мәселелерді шешуде мемлекеттік бағдарламалар білім беру орындарымен ынтымақтастықта маңызды рөл атқара алады [9, 10]. Сонымен қатар, деректердің қауіпсіздігі мен ақпаратты қорғау мәселелері де ерекше назар аударуды талап етеді, өйткені, цифрландырудың өсуімен киберқауіптер қауіпі арта түседі, мұндай жағдай тұтынушылар мен серіктестердің сеніміне кері әсерін тигізуі мүмкін. Сол себепті, кәсіпорындар ақпараттарды қорғаудың қазіргі заманғы әдістерін жетік меңгеруі және қауіпсіздік

жүйелеріне үнемі аудит жүргізіп отырулары қажет деп есептейміз.

Қорытынды

Қорытындылай келе, отандық өнімдерді жарнамалау және сату саласындағы бизнесті ұйымдастыруды автоматтандыру отандық кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруда маңызды стратегиялық бағыт болып табылатынын атап өткен жөн.

Қазіргі заманауи технологияларды отандық өнімдерді шет елдер мен өз еліміздің тұрғындарына жарнамалап сатуды жүзеге асыруды ұйымдастыру бойынша бизнес саласын автоматтандыру арқылы, маркетингтік науқандардың дәлдігін арттыруға, клиенттерге қызмет көрсетуді жақсартуға және шығатын шығындарды азайтуға болатындығына көз жеткіздік.

Бүгінгі күні, мемлекетімізде бұрын қабылданған «Цифрлық Қазақстан», кейін, шағын орта бизнесті қолдауға арналған «Бизнестің жол картасы - 2025», «Қарапайым заттар экономикасы» және «Кәсіпкерлік субъектілеріне жеңілдікпен несие беру» бағдарламалары сияқты үкіметтік бастамалар - бизнесті цифрландыруды ынталандыратынына және отандық өнімдерді жарнамалау мен сату бизнесін қолға ала отырып экономиканы әлемдік деңгейге көтеруге болады деген тұжырым жасалды.

Ақпараттық технологиялардың дамуына инвестициялар тарту іскер мамандарды даярлау мен ірілі-ұсақты бизнестің тұрақты дамуын қамтамасыз ету Қазақстанның жаһандық экономикадағы позициясын нығайтуға мүмкіндік берді. Отандық өнімдерді жарнамалау және сатылымға шығару бойынша бизнес жасауды автоматтандыру үрдісі Қазақстан экономикасының дамуына үлес қосып, отандық өнімдерді бәсекеге қабілетті етуге көмектеседі. Әр түрлі бастамалар мен бағдарламалардан көрінетін мемлекеттік қолдау цифрлық экономиканы дамыту үшін қолайлы жағдай жасайды. Мысалы, электрондық үкіметті халыққа қызмет көрсету саласына енгізілуі, оның халыққа қолжетімді болуы елдегі цифрландыру

деңгейінің жоғары дәрежеде өсуіне ықпал етті.

Келешекте, отандық өнімдерді сату бизнесін жаңа заманауи технологиялармен қамтамасыз етуді инвестициялау арқылы заманауи цифрлық технологияларды интеграциялап отандық өндірісті дамыту тиімділігін арттыруға болады.

Елімізде өндірілетін өнімдерді халықаралық нарықтарға шығару үшін

экспорттық стратегияларды дайындау мен елде брендинг нығайтылса, онда халықаралық деңгейде жарнамалау мен сатуды ұйымдастыру бизнесі алда тұрған көптеген қиындықтарға қарамастан, стратегиялық тұрғыдан маңызды сала ретінде жоғары деңгейде өркендейді деген сенімдеміз.

Әдебиеттер

- [1] Сабирова Р.К., Мукашева А.Д., Таирова А.Ж. Қазақстан нарығында брендингтің дамуы. Экономика: стратегия и практика, – 2019. - №1 (14). – С. 163-180. Print ISSN 1997-9967 /online ISSN 2663-550X
- [2] Аманжолов Қ.Ж. Сияр еті экспортының әлеуетін арттыру негізгі міндет / Қ.Ж. Аманжолов // Жаршы. – 2012. – №08. – Б. 40-43.
- [3] Қажғалиев Н.Ж. Қазақстанның ет өндірісі мен экспортқа сияр етін шығару жағдайы. Сейфуллин оқулары–12: Ғылым жолындағы жастар - болашақтың инновациялық әлеуеті" атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения–12: Молодежь в науке-инновационный потенциал будущего». – 2016. – Т.І, ч.1. – Б. 281-283
- [4] <https://poleznii-site.ru/zdorove/nano-balzamy-kazahstanskogo-proizvodstva>
- [5] <https://www.youtube.com › watch>
- [6] [https:// Martebe.kz](https://Martebe.kz) білім сайты .
- [7] Ермеков Д.Д. "Цифровой маркетинг в Казахстане: тенденции и перспективы", Журнал "Маркетинг в Казахстане", 2019 г.
- [8] Байгожанова Д.С., Сабантаев А.А. Автоматизация бизнес-процессов рекламы и реализации отечественной продукции. Электронный научный журнал «Central Asian Scientific Journal», Астана, – 2024. - №5(24). – С. 39-45.
- [9] Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан, 2020 г.
- [10] Национальная палата предпринимателей "Атамекен". "Анализ эффективности внедрения автоматизации в МСБ Казахстана", 2021 г.

References

- [1] Sabirova R.K., Mukasheva A.D., Tairova A.Zh. Қазақстан нарығында брендингтің дамуы. Экономика: strategiya i praktika, – 2019. - №1 (14). – S. 163-180. Print ISSN 1997-9967 /online ISSN 2663-550X
- [2] Amanzholov Q.Zh. Siyr eti eksportynun әleuetin arttyru negizgi mindet / Q.Zh. Amanzholov // Zharshy. – 2012. – №08. – B. 40-43.
- [3] Kazhǵaliev N.Zh. Қазақстанның ет өндірісі мен экспортқа сияр етін шығару жағдайы. Seifullin oqulary–12: Ғылым жолындағы жастар - болашақтың инновациялық әлеуеті" атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Materialy Respublikanskoi nauchno-teoreticheskoi konferentsii «Seifullinskije chteniya–12: Molodezh' v nauke-innovatsionnyi potentsial budushchego». – 2016. – T.I, ch.1. – B. 281-283
- [4] <https://poleznii-site.ru/zdorove/nano-balzamy-kazahstanskogo-proizvodstva>
- [5] <https://www.youtube.com › watch>

- [6] Әлеметтік медиа: пайдасы мен зияны • Martebe.kz bilim saity
- [7] Ermekov D.D. "Tsifrovoy marketing v Kazakhstane: tendentsii i perspektivy", Zhurnal "Marketing v Kazakhstane", 2019 g.
- [8] Baigozhanova D.S., Sabantaev A.A. Avtomitizatsiya biznes-protsessov reklamy i realizatsii otechestvennoi produktsii. Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Central Asian Scientific Journal», Astana, – 2024. - №5(24). – S. 39-45.
- [9] Komiteta po statistike Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan, 2020 g.
- [10] Natsional'naya palata predprinimatelei "Atameken". "Analiz effektivnosti vnedreniya avtomatizatsii v MSB Kazakhstana", 2021 g.

Методы автоматизации организации рекламного-сбытового бизнеса отечественной продукции в Казахстане

Даметкен Байгожанова^а, Набира Еркекова^а, Алтемир Сабантаев^б

- ^а ✉ Высшая школа информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, 010000, Астана, Казахстан
- ^а Физика-математических факультет, Жетысуский университет имени Ильяса Жансугурова 040000, Талдыкорган, Казахстан
- ^б Высшая школа информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, 010000, Астана, Казахстан
- ✉ Автор-корреспондент

Аннотация. В статье представлены теоретические основы автоматизации бизнес-процессов в сфере рекламы и продаж отечественной продукции и методы ее реализации. Кроме того, рассмотрены современные технологии и инструменты, способствующие повышению конкурентоспособности отечественных товаров. Наша основная цель в исследовании – представить широкой публике различные методы организации бизнес-процессов в сфере рекламы и реализации отечественной продукции и их реализацию на практике. Объектом исследования является реклама и реализация отечественной продукции и товаров. Новизна научно-исследовательской работы заключается в разработке и внедрении инновационных, то есть новых способов автоматизации рекламы и реализации продукции, ориентированных на отечественных производителей. Кроме того, предлагаемый подход предполагает сочетание современных методов автоматизации с уникальными решениями, направленными на продвижение и продажу продукции местного производства. В дальнейшем результаты научных исследований будут использоваться в различных отечественных сферах: например, оздоровительная продукция в медицине, как реальный продукт компании «Глобал Тренд» нано-бальзам, источник Павлова, гель для женщин и многие другие. Я считаю, что можно предлагать рекламу и продажу продукции, продуктов питания, произведенных в сельском хозяйстве или одежды и технического оборудования для общественного потребления различным предприятиям и компаниям.

Ключевые слова: отечественный продукт, реклама, продажи, контроль, бизнес-процесс, современные методы, автоматизация.

Methods of Automation of the Organization of Advertising and Sales Business of Domestic Products in Kazakhstan

Dametken Baigozhanova^{a□}, Nabira Ermekova^a, Altemir Sabantaev^b

^a Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University,
☒ 010000, Astana, Kazakhstan

^a Faculty of Physics and Mathematics, Zhetysu University named after Ilyas Zhangsugurov
040000, Taldykorgan, Kazakhstan

^b Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University,
010000, Astana, Kazakhstan

☒ Corresponding Author

Abstract. The article presents the theoretical foundations of automating business processes in the field of advertising and sales of domestic products and methods for its implementation. In addition, modern technologies and tools that help improve the competitiveness of domestic goods are considered. Our main goal in the study is to present to the general public various methods of organizing business processes in the field of advertising and sales of domestic products and their implementation in practice. The object of the study is advertising and sales of domestic products and goods. The novelty of the research work lies in the development and implementation of innovative, that is, new methods of automating advertising and product sales, aimed at domestic manufacturers. In addition, the proposed approach involves a combination of modern automation methods with unique solutions aimed at promoting and selling locally produced products.

In the future, the results of scientific research will be used in various domestic fields: for example, health products in medicine, such as a real product of the company "Global Trend" nano-balm, Pavlov's source, gel for women and many others. I believe that it is possible to offer advertising and sales of products, food products produced in agriculture or clothing and technical equipment for public consumption to various enterprises and companies.

Key words: domestic product, advertising, sales, control, business process, modern methods, automation

Разработка и оптимизация алгоритмов расчета учебной нагрузки с применением технологий машинного обучения

Нұрболат Тасболатұлы^{а✉}, Ерасыл Жұмабай^а

^а Высшая школа информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, 010000, Астана, Казахстан

✉ Автор-корреспондент

Аннотация. В статье описывается процесс разработки и внедрения алгоритмов расчета учебной нагрузки преподавателей с использованием методов машинного обучения. Алгоритмы позволяют учитывать множество факторов, включая квалификацию преподавателя, доступность часов и характеристики курсов. В работе используется алгоритм оптимизации на основе линейного программирования с ограничениями и предобученная модель классификации для повышения качества распределения нагрузки. Предлагаемый подход обеспечивает гибкое и эффективное распределение часов между преподавателями, минимизируя несоответствия и обеспечивая более равномерное распределение задач.

Ключевые слова: машинное обучение, линейное программирование, учебная нагрузка, random forest, алгоритмы классификации.

Введение

Расчет учебной нагрузки преподавателей является сложной задачей, которая требует учета множества факторов, таких как квалификация сотрудников, доступное время и требования учебного плана [1-5]. Традиционные подходы к распределению нагрузки могут быть неэффективными и требуют значительных затрат времени. Современные методы машинного обучения и оптимизации позволяют автоматизировать этот процесс, анализируя данные и предсказывая оптимальные назначения преподавателей [6-10]. Целью данного исследования является разработка гибкой системы распределения нагрузки, использующей методы машинного обучения и линейного программирования для учета квалификации преподавателей, рабочих часов и необходимых требований учебного плана.

Материалы и методы

Для реализации задачи использовались данные в формате Excel, содержащие сведения о преподавателях и учебных дисциплинах. Признаками были выбраны квалификация преподавателя, доступные часы и требуемое количество часов по

дисциплинам. Дополнительно рассматривались ограничения, исключающие распределение задач преподавателям, не соответствующим квалификации.

Для обработки данных и построения модели использовались библиотеки pandas, pulp, scikit-learn. Оптимизация осуществлялась с помощью метода линейного программирования (LP). Алгоритм распределения выполнялся следующим образом:

1. Загрузка данных о преподавателях и дисциплинах.
2. Формирование переменных для линейного программирования (часы преподавателей по каждой дисциплине).
3. Установка ограничений по количеству требуемых часов и квалификации преподавателей.
4. Оптимизация распределения часов с учетом доступного рабочего времени.
5. Предсказание эффективности распределения с использованием классификационной модели.

Реализация алгоритма

Алгоритм распределения нагрузки был реализован с использованием линейного программирования и библиотеки pulp. В

алгоритме создаются переменные для каждой пары «преподаватель-дисциплина», представляющие часы, назначенные на дисциплину. Устанавливаются следующие ограничения:

- Сумма часов, выделяемых преподавателем для всех дисциплин, не превышает его доступные часы.
- Сумма часов по каждой дисциплине не превышает необходимое количество.
- Преподаватели могут вести только те дисциплины, которые соответствуют их квалификации.

Результаты

Результаты тестирования показали, что предложенный алгоритм эффективно распределяет учебную нагрузку, учитывая квалификацию и доступные часы преподавателей. В тестовых сценариях распределение нагрузки выполнялось без ошибок назначения, с соблюдением всех ограничений.

Кроме того, были добавлены классификационные модели для предсказания эффективности распределения. Использование ансамблевого алгоритма Random Forest дало точность более 92% при оценке на тестовой выборке. Это позволяет оценивать, насколько сбалансированным будет распределение нагрузки до запуска оптимизационного процесса.

```
# Данные по преподавателям
teachers = pd.DataFrame([
    {"teacher": "Сарсенбаев Серик Жанатович", "qualification": "Вычислительная техника и программное обеспечение", "free_hours": 70},
    {"teacher": "Абдраимова Асем Нурисламовна", "qualification": "Вычислительная техника и программное обеспечение", "free_hours": 70},
    {"teacher": "Жуманов Нурлан Маратович", "qualification": "Информационные системы и технологии", "free_hours": 100},
    {"teacher": "Темирханов Шынгыс Бейбутович", "qualification": "Web-дизайн", "free_hours": 50},
])

# Дисциплины и необходимые часы
disciplines = pd.DataFrame([
    {"discipline": "Теория информационных процессов и систем", "qualification": "Информационные системы и технологии", "required_hours": 60},
    {"discipline": "Системы управления базами данных", "qualification": "Вычислительная техника и программное обеспечение", "required_hours": 60},
    {"discipline": "Технология программирования", "qualification": "Вычислительная техника и программное обеспечение", "required_hours": 20},
    {"discipline": "Дизайн и разработка интерфейсов", "qualification": "Web-дизайн", "required_hours": 50},
    {"discipline": "Основы языка программирования Java", "qualification": "Вычислительная техника и программное обеспечение", "required_hours": 40},
    {"discipline": "Операционные системы", "qualification": "Информационные системы и технологии", "required_hours": 40},
])
```

Рисунок 1 – Тестовые данные

Здесь показаны тестовые данные для модели, где переменная `teachers` это pandas DataFrame объект который хранит массив словарей где указано информация про преподавателей, их квалификацию и свободные часы.

Переменная `disciplines` имеет такую же структуру, и хранит информацию про дисциплины, их необходимую квалификацию преподавателя и необходимые часы.

```

from pulp import LpMaximize, LpProblem, LpVariable, LpStatus

# Инициализация задачи
model = LpProblem(name="hours-allocation", sense=LpMaximize)

# Переменные: часы преподавателей на дисциплины
variables = {
    (t, d): LpVariable(name=f"{t}_ведет_{d}", lowBound=0)
    for t in teachers['teacher']
    for d in disciplines['discipline']
}

```

Рисунок 2 – Инициализация модели и входных данных

Здесь создается модель задачи оптимизации, где `sense=LpMaximize` указывает на необходимость максимизации использования доступных часов преподавателей. Также создается переменная `variables`,

представляющие количество часов, выделяемых преподавателем `t` на дисциплину `d`. Аргумент `lowBound=0` означает, что часы не могут быть отрицательными.

```

# Ограничение по необходимым часам для каждой дисциплины
for _, row in disciplines.iterrows():
    discipline = row['discipline']
    required_hours = row['required_hours']
    model += (
        sum(variables[(t, discipline)] for t in teachers['teacher']) <= required_hours,
        f"max_hours_discipline_{discipline}"
    )

# Ограничение по свободным часам преподавателей
for _, row in teachers.iterrows():
    teacher = row['teacher']
    free_hours = row['free_hours']
    model += (
        sum(variables[(teacher, d)] for d in disciplines['discipline']) <= free_hours,
        f"max_hours_teacher_{teacher}"
    )

# Ограничение по квалификации преподавателей
for _, discipline_row in disciplines.iterrows():
    discipline = discipline_row['discipline']
    qualification_required = discipline_row['qualification']
    for _, teacher_row in teachers.iterrows():
        teacher = teacher_row['teacher']
        qualification = teacher_row['qualification']
        if qualification != qualification_required:
            # Если квалификация не совпадает, запрещаем преподавателю брать часы этой дисциплины
            model += variables[(teacher, discipline)] == 0, f"qualification_constraint_{teacher}_{discipline}"

```

Рисунок 3 – Ограничения по условиям

На данном рисунке представлены ключевые ограничения, которые обеспечивают корректность и оптимальность модели распределения нагрузки. В модели линейного программирования ограничения задаются для соблюдения всех условий назначения часов преподавателям. Ограничение квалификации гарантирует, что преподаватель может быть назначен только на дисциплину, соответствующую его профессиональной подготовке. Это условие формализуется путем присвоения нулевого значения переменной нагрузки для тех случаев, когда квалификация преподавателя не соответствует требуемой квалификации дисциплины. Ограничение по доступным

часам контролирует, чтобы суммарное количество выделенных часов преподавателю не превышало его доступное рабочее время. Таким образом, учитываются реальные временные ресурсы преподавателей, что позволяет избежать их перегрузки. Третье важное ограничение относится к дисциплинам и обеспечивает выполнение их часового объема согласно учебному плану: общая сумма назначенных часов по дисциплине должна соответствовать или быть меньше запланированного количества. Данные условия накладываются на модель для каждой пары «преподаватель-дисциплина», что позволяет учесть все возможные сочетания при оптимизации.

```
# Целевая функция: максимизация использования часов (для примера)
model += sum(variables[t, d] for t in teachers['teacher'] for d in disciplines['discipline'])

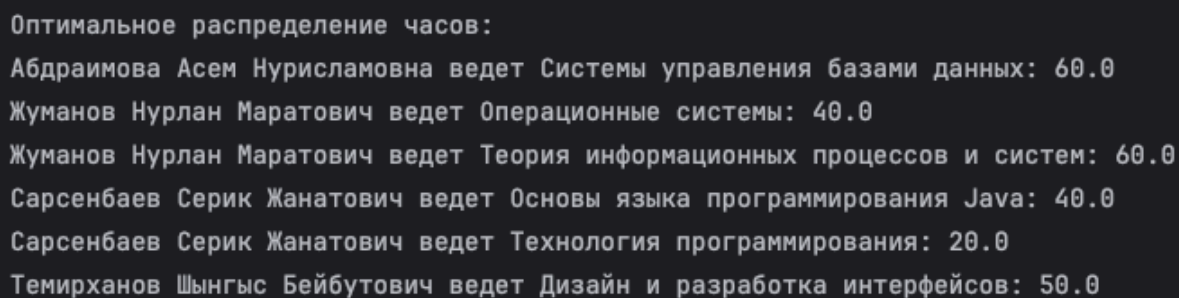
# Решение задачи
status = model.solve()

# Вывод результатов
if LpStatus[model.status] == "Optimal":
    print("Оптимальное распределение часов:")
    for var in model.variables():
        if var.value() > 0:
            print(f"{var.name.replace('_', ' ')}: {var.value()}")
else:
    print("Решение не найдено")
```

Рисунок 4 – Программный код вывода результатов

Здесь демонстрируется ключевые элементы программного кода, которые позволяют получить результаты оптимизационного распределения учебной нагрузки. Данный фрагмент включает итерацию по переменным модели и вывод на экран значений, которые соответствуют распределенным часам по преподавателям и дисциплинам. В рамках реализации кода проверяется, удалось ли найти оптимальное решение, после чего программа выводит

распределение нагрузки в формате пар «преподаватель-дисциплина» с указанием количества часов. В случае, если оптимальное решение отсутствует, алгоритм информирует пользователя об отсутствии возможного распределения. Таким образом, данный блок программы выполняет не только информационную, но и диагностическую функцию, помогая анализировать корректность модели и состояние данных.



Оптимальное распределение часов:

Абдраимова Асем Нурисламовна	ведет Системы управления базами данных:	60.0
Жуманов Нурлан Маратович	ведет Операционные системы:	40.0
Жуманов Нурлан Маратович	ведет Теория информационных процессов и систем:	60.0
Сарсенбаев Серик Жанатович	ведет Основы языка программирования Java:	40.0
Сарсенбаев Серик Жанатович	ведет Технология программирования:	20.0
Темирханов Шынгыс Бейбутович	ведет Дизайн и разработка интерфейсов:	50.0

Рисунок 5 – Демонстрация итогового распределения нагрузки между преподавателями

Обсуждение

Предложенный подход позволяет автоматизировать процесс управления учебной нагрузкой и снижает вероятность ошибок назначения. Алгоритм может быть расширен для поддержки дополнительных факторов, таких как предпочтения преподавателей и рейтинги дисциплин. Однако модель требует качественных данных и регулярного обновления информации о квалификациях и часах преподавателей. В будущем планируется интеграция более сложных методов оптимизации и реализация пользовательского интерфейса для визуализации распределения.

Заключение

Разработанная система на основе линейного программирования и модели Random Forest демонстрирует высокую точность и гибкость при распределении учебной нагрузки. Алгоритм учитывает сложные зависимости и минимизирует ошибки при назначении задач. Внедрение предложенной системы может повысить эффективность планирования и сократить время на распределение учебной нагрузки, улучшая качество управления образовательным процессом.

Литература

- [1] Димитриев А.П., Лавина Т.А. АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПЛАНАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 5. – С. 13-18;
- [2] Заботина Н.Н. Проектирование информационных систем / Н.Н. Заботина. - М.: Инфра-М, 2016. – 336 с.
- [3] Затонский А.В. Информационные технологии. Разработка информационных моделей и систем. Учебное пособие / А.В. Затонский. - М.: РИОР, Инфра-М, 2014. 344 с.
- [4] Абухания А.Ю. Модели, алгоритмы и программные средства обработки информации и принятия решений при составлении расписаний занятий на основе эволюционных методов: Дис. канд. техн. наук: 05.13.01 / Абухания Амер Юсеф – Новочеркасск, 2016. – 231 с.
- [5] Аль-Габри В.М., Обзор литературных источников по теме «Автоматизация составления расписания занятий и экзаменов в высших учебных заведениях» // Вестник Донского государственного технического университета 2017, №1(88), с. 132-143.
- [6] Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area // European Association for Quality Assurance in Higher Education. Helsinki, Finland, 2005, 41p.
- [7] Principles of Good BPM, 2014 г., Jan vom Brocke, Theresa Schmiedel, Jan Recker, Peter Trkman, Willem Mertens, Stijn Viaene, [URL:http://www.researchgate.net/publication/266534269](http://www.researchgate.net/publication/266534269).
- [8] Enhancing effectiveness of e-learning framework using UML modeling and Self Regulation: A Case Study, 2007 г., Natarajan Vivekananthamoorthy, [URL: http://www.researchgate.net/publication/234114853](http://www.researchgate.net/publication/234114853).
- [9] Towards Multi-Perspective Modeling with BPMN, 2015 г., Richard Braun, Werner Esswein, [URL:https://www.researchgate.net/publication/274697790](https://www.researchgate.net/publication/274697790).
- [10] Using the Business Process Model and Notation for Modeling Enterprise Integration Patterns, 2014 г., Daniel Ritter, [URL:https://www.researchgate.net/publication/260873267](https://www.researchgate.net/publication/260873267).

References

- [1] Dimitriev A.P., Lavina T.A. ALGORITHM RASPREDELENIYA UCHEBNOJ NAGRUZKI PREPODAVATELYA PO INDIVIDUAL'NYM PLANAM S PRIMENENIEM TEKHNOLOGII ISKUSSTVENNOGO INTELLEKTA // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2023. – № 5. – S. 13-18;
- [2] Zabolina N.N. Proektirovanie informacionnyh sistem / N.N. Zabolina. - M.: Infra-M, 2016. – 336 s.
- [3] Zatonskij A.V. Informacionnye tekhnologii. Razrabotka informacionnyh modelej i sistem. Uchebnoe posobie / A.V. Zatonskij. - M.: RIOR, Infra-M, 2014. 344 s.
- [4] Abuhaniya A.YU. Modeli, algoritmy i programmnye sredstva obrabotki informacii i prinyatiya reshenij pri sostavlenii raspisanij zanyatij na osnove evolyucionnyh metodov: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.13.01 / Abuhaniya Amer YUsef – Novoчеркасск, 2016. – 231 s.
- [5] Al'-Gabri V.M., Obzor literaturnyh istochnikov po teme «Avtomatizaciya sostavleniya raspisaniya zanyatij i ekzamenov v vysshih uchebnyh zavedeniyah» // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta 2017, №1(88), с. 132-143.
- [6] Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area // European Association for Quality Assurance in Higher Education. Helsinki, Finland, 2005, 41p.

- [7] Principles of Good BPM, 2014 g., Jan vom Brocke, Theresa Schmiedel, Jan Recker, Peter Trkman, Willem Mertens, Stijn Viaene, URL:<http://www.researchgate.net/publication/266534269>.
- [8] Enhancing effectiveness of e-learning framework using UML modeling and Self Regulation: A Case Study, 2007 g., Natarajan Vivekananthamoorthy, URL:<http://www.researchgate.net/publication/234114853>.
- [9] Towards Multi-Perspective Modeling with BPMN, 2015 g., Richard Braun, Werner Esswein, URL:<https://www.researchgate.net/publication/274697790>.
- [10] Using the Business Process Model and Notation for Modeling Enterprise Integration Patterns, 2014 g., Daniel Ritter, URL:<https://www.researchgate.net/publication/260873267>.

Машиналық оқыту технологияларын пайдалана отырып оқу жүктемесін есептеу алгоритмдерін әзірлеу және оңтайландыру

Ерасыл Жұмабай ^a, Нұрболат Тасболатұлы ^a✉

^a Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі, Астана халықаралық университеті, 010000, Астана, Қазақстан

✉ Автор-корреспондент

Андатпа. Мақалада Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, оқытушылардың оқу жүктемесін есептеу алгоритмдерін әзірлеу және енгізу процесі сипатталған. Алгоритмдер оқытушының біліктілігін, сағаттардың қолжетімділігін және курстардың сипаттамаларын қоса алғанда, көптеген факторларды ескеруге мүмкіндік береді. Жұмыста сызықтық шектеулі бағдарламалауға негізделген оңтайландыру алгоритмі және жүктемені бөлу сапасын жақсарту үшін қайта оқытылған жіктеу моделі қолданылады. Ұсынылған тәсіл сәйкессіздіктерді азайту және тапсырмаларды біркелкі бөлуді қамтамасыз ету арқылы оқытушылар арасында сағаттардың икемді және тиімді бөлінуін қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: машиналық оқыту, сызықтық бағдарламалау, оқу жүктемесі, кездейсоқ орман, жіктеу алгоритмдері.

Development and Optimization of Learning Load Calculation Algorithms Using Machine Learning Technologies

Yerassyl Zhumabay ^a, Nurbolat Tasbolatuly ^a✉

^a Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University, 010000, Astana, Kazakhstan

✉ Corresponding Author

Abstract. The article describes the process of developing and implementing algorithms for calculating the teaching load of teachers using machine learning methods. Algorithms allow you to take into account many factors, including the teacher's qualifications, the availability of hours, and the characteristics of courses. The paper uses an optimization algorithm based on linear programming with constraints and a retrained classification model to improve the quality of load distribution. The proposed approach ensures a flexible and efficient allocation of hours between teachers, minimizing inconsistencies and ensuring a more even distribution of tasks.

Keywords: hine learning, linear programming, learning load, random forest, classification algorithms.

Құпия ақпаратты алу әдістері мен құралдары

Ш.Қ. Серікова^{а✉}, С.А.Наурызбаева^а

^{а✉} Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебі, Астана халықаралық университеті, 010000, Астана, Қазақстан
Автор-корреспондент

Аңдатпа: Мақалада сандық революцияның ақпараттық қауіпсіздікке тигізген әсері мен оның өзекті мәселелері қарастырылады. Конфиденциалды ақпараттың маңыздылығы артуымен қатар, оның қауіп-қатерге ұшырау ықтималдығы да жоғарылаған. Киберқару және кибершабуылдар заманауи қауіптердің негізгі түрлеріне айналды, ал бұл шабуылдар қаржылық, беделдік және ұлттық қауіпсіздік тұрғысынан айтарлықтай залал келтіруде. Мақалада ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізу әдістері, соның ішінде техникалық арналар мен электромагниттік сәулеленуді пайдалану тәсілдері сипатталып, ақпараттық жүйелерді қорғау бойынша стратегиялық шешімдер ұсынылған.

Кілттік сөздер: ақпараттық қауіпсіздік, киберқауіп, киберқару, құпия ақпарат, техникалық арналар, TEMPEST, электромагниттік сәулелену, ақпараттық жүйелерді қорғау, деректердің қауіпсіздігі.

КІРІСПЕ

Ақпараттық технологиялар дәуірі адамзаттың өмір сүру салтын айтарлықтай өзгертті. Бұл кезең жаңа мүмкіндіктермен қатар, үлкен қауіп-қатерлерді де алып келді. Қазіргі заманда мәліметтер ең маңызды активтердің бірі болып табылады, бірақ олардың құндылығы артқан сайын кибершабуылдар да жиіледі. Мемлекеттік құпиялардан бастап жеке деректерге дейінгі ақпарат шабуыл нысанына айналып, оны қорғау қажеттілігі күшеюде. Мақалада құпия ақпаратты алудың негізгі әдістері, заманауи қауіптердің түрлері және ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жолдары қарастырылады.

Ақпараттық технологиялар ғасыры адамзатқа жаңа мүмкіндіктер әкелгенімен, сонымен қатар үлкен қауіптерді де тудырды. Сандық революция өмірдің барлық салаларын қамтып, мәліметтерді ең маңызды активтердің біріне айналдырды, бірақ олар сонымен бірге шабуылдардың нысанына айналды. Конфиденциалды ақпарат – мемлекеттік құпиялар, коммерциялық мәліметтер, әскери жоспарлар және жеке деректер сияқты құпия ақпараттың маңыздылығы артқан сайын, олар зиянкестер, жеке хакерлер, киберқарулы топтар да иемденуге тырысады. Сонымен қатар, технологиялардың дамуы деректердің таралу

қауіпін арттырып, ақпараттық жүйелерді қорғау мәселесін күрделендіре түсті.

Интернет пен ақпараттық технологиялардың дамуымен киберқауіптер қарапайым бұзудан бастап, ауқымды жоспарларға дейін дамыды.

Киберқару – бұл заманауи қауіптердің негізгі түрлерінің бірі, ол тек ақпарат жинау үшін ғана емес, сонымен бірге деректерді жою, маңызды инфрақұрылымдарға кедергі жасау және кибершпионаж жүргізу үшін де қолданылады. Мұндай шабуылдар қаржылық және беделдік тұрғыдан айтарлықтай залал келтіреді, сондай-ақ ұлттық қауіпсіздікке қауіп төндіреді. Екінші жағынан, **киберқауіпсіздік** – бұл деректердің таралуын болдырмауға, ақпараттық дармен байланысты тәуекелдерді азайтуға бағытталған жауапты шаралар жиынтығы. Бүгінгі таңда бұл тек технологиялық мәселе ғана емес, сонымен қатар заңнаманы, ұйымдастырушылық шараларды және деректерді қорғаудың инновациялық тәсілдерін қамтитын стратегиялық бағыт болып табылады.

Cybersecurity Ventures мәліметтері бойынша, киберқылмыстың жаһандық шығыны алдағы үш жылда жылына 15% - ға өседі және 2025 жылға қарай жылына \$10,5 трлн-ға жетеді, бұл бір жылдағы табиғи апаттардан көп шығын және барлық негізгі

заңсыз есірткілердің жаһандық саудасынан тиімдірек. Киберқылмыс шығындарына деректердің бүлінуі мен жойылуы, ұрланған ақша, өнімділіктің жоғалуы, зияткерлік меншікті ұрлау, жеке және қаржылық деректерді ұрлау, жымқыру, алаяқтық, шабуылдан кейін қалыпты бизнесті бұзу, сот тергеуі, бұзылғандарды қалпына келтіру және жою жатады [1].

Мақалада құпия ақпаратты алу әдістері мен құралдарын, сондай-ақ ақпараттық жүйелерді қорғаудың тәсілдерін қарастырамыз. Мақсат – ақпарат таралуы мен шабуылдардың салдарын барынша азайту үшін тиімді шараларды сипаттау.

Құпия ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізу қазіргі заманғы қауіп-қатерлердің ең өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізудің негізгі тәсілдері техникалық, кибер және психологиялық құралдарды қамтиды. Төменде бұл әдістердің егжей-тегжейлі

сипаттамасы мен олардың жұмыс істеу әдістері қарастырылады.

Техникалық каналдар арқылы қол жеткізу. Техникалық каналдар арқылы ақпаратқа қол жеткізу — арнайы құрылғылардың көмегімен ақпаратты тасымалдау немесе өңдеу кезінде пайда болатын сигналдарды ұстап қалу. Бұл әдіс жиі құпия мәліметтерге рұқсатсыз қол жеткізу үшін қолданылады.

Электромагниттік сәулелену. Электрондық құрылғылар жұмыс істегенде электромагниттік сигналдар шығарады. Сигналдарды арнайы қабылдағыштармен ұстап, оларды шифрлау арқылы құпия ақпарат алуға болады. Бұл тәсіл арқылы компьютер мониторияндағы бейнелерді немесе пернетақтадағы енгізілген деректерді көреді. Мұндай шабуылдар "TEMPEST" деп аталатын әдістерге жатады.



Сурет 1. Есептеу техникасы құралдарының (ЕТҚ) жанама электромагниттік сәулеленулерін (ЖЭМС) техникалық барлау құралдарымен (ТБҚ) ұстап алу схемасы

Бұл схема есептеу техникасы құралдарының (ЕТҚ) жұмыс барысында пайда болатын жанама электромагниттік сәулеленулерді (ЖЭМС) техникалық барлау құралдарымен (ТБҚ) ұстап алу процесін бейнелейді. Бұл сәулеленулер арнайы құралдармен талданса, өңделіп жатқан деректер туралы ақпаратты қамтуы мүмкін, бұл оларды ақпараттың сыртқа таралуының ықтимал арнасына айналдырады.

Схеманың негізгі элементтері:

Есептеу техникасы құралдары (ЕТҚ) – жанама электромагниттік сәулеленулердің көзі. Бұл деректерді өңдейтін компьютерлер, серверлер немесе басқа да құрылғылар болуы мүмкін.

Жанама электромагниттік сәулеленулер (ЖЭМС) – ЕТҚ жұмысы барысында туындайтын сигналдар. Олар ауа, кабельдер немесе басқа да өткізгіштер арқылы таралады.

Техникалық барлау құралдары (ТБҚ) – жанама сәулеленулерді анықтауға, қабылдауға және талдауға арналған құрылғылар. Олар мыналарды қамтуы мүмкін:

Схеманың мақсаты: Схема ТБҚ-дың физикалық ортада таралатын жанама сәулеленулерді қалай ұстап, олардың ішінен құпия ақпаратты қалай алатынын көрсетеді [2].

Компаниялар мен мемлекеттік мекемелер мұндай ақпараттың сыртқа таралуын болдырмау үшін жабдықты экрандау, қорғалған аймақтар құру сияқты арнайы шараларды қолданады.

Дыбыс толқындары арқылы тыңдау. Сөйлесу немесе басқа да дыбыстар микрофондар немесе бөлмедегі дыбыстарды ұстап қалуға арналған лазерлік құрылғылар арқылы қабылданады. Бұл әдіс, әсіресе, кеңселердегі жабық келіссөздер немесе құпия жиналыстар кезінде жиі пайдаланылады.

Оптикалық әдістер. Жасырын камералар немесе инфрақызыл сканерлер арқылы кеңседегі құжаттарды, экрандарды немесе әрекеттерді бақылау әдісі. Кейбір жағдайларда лазерлік сәулелену терезе айнегіне бағытталып, бөлмедегі

дыбыстарды тіркеуге мүмкіндік береді.

Провайдерлік желілерді тыңдау. Мәліметтерді беру кезінде интернет немесе телефон желілеріндегі сигналдарды ұстап қалу арқылы ақпаратқа қол жеткізіледі. Бұл әдіс әсіресе интернет немесе телекоммуникация жүйелері арқылы ақпарат жіберу кезінде жиі қолданылады.

Арнайы зиянды бағдарламалар ақпараттық жүйелердің ең әлсіз тұстарын пайдалана отырып, ақпаратқа қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Фишинг —Қолданушыларды алдап, құпия ақпаратты (логиндер, құпиясөздер) алуға бағытталған әдіс. Фишинг шабуылдары электрондық хаттар, жалған веб-сайттар немесе мессенджерлер арқылы жүзеге асады. Мысалы, жалған хаттар арқылы қолданушыдан құпиясөзін енгізуді талап етеді.

Мәліметтерді ұрлайтын зиянды программаларға трояндар, кейлоггерлер және шпиондық программалар жатады.

Кейлоггерлер: Пернетақтада терілген мәтіндерді тіркеп, деректерді зиянкестерге жіберетін құралдар. Яғни компьютер пайдаланушыларының пернетақтадағы пернелерді басуын тіркеу. Шпиондық бағдарламалық жасақтаманың бұл түрі аппараттық және бағдарламалық әдістер арқылы жұмыс істей алады, енгізілген ақпаратты тіркейді және оны шабуылдаушыларға жібереді. Бағдарламалық жасақтама кілттері ең көп таралған және компьютерлерге немесе мобильді құрылғыларға пайдаланушы байқамай орнатылады. Олар барлық пернелерді басу арқылы фондық режимде жұмыс істейді. Аппараттық пернетақта тыңшылары-бұл компьютерге қосылатын физикалық құрылғылар. Олар әдетте пернетақта мен компьютер арасында орнатылады [3].

Трояндар: Жүйеге заңсыз кіріп, құпия ақпаратты тасымалдауға арналған зиянды кодтар. Жүйеге және файлдарға әсер ететін компьютерлік вирустың ерекше түрі; деректерді уақытында бүлдіруі мүмкін және басқа компьютерлерге, құрылғыларға және смартфондарға USB құрылғысын

жұқтырып, ұқсас деректерді беру құрылғылары арқылы таратуға тырысады. Трояндық бағдарламаның көпшілігі конфиденциалды ақпараттарды жинау үшін арналған. Мұндай мәліметтерге қолданушы парольдері жатады, бағдарламаның тіркеу нөмірлері, банктік шот туралы мәліметтер және т.б. Басқа трояндықтар компьютерлік жүйеге зиян ету үшін құрылады, оларды жұмыс істей алмайтын жағдайға жеткізеді [4].

Шпиондық программалар: Құрылғыдағы әрекеттерді бақылау және мәліметтерді сыртқа шығару үшін қолданылады.

Ең жиі қолданылатын DDoS-шабуылы. DDoS шабуылы (Distributed Denial of service – қызмет көрсетуден бас тарту) – көптеген жалған сұраныстар беру арқылы ақпараттық инфрақұрылымға хакерлік шабуыл. DDoS-ең көп таралған және қауіпті шабуылдардың бірі, көбінесе бопсалау, қорқытып алу, деректерді ұрлау, ақпараттық соғыс мақсатында жасалады. Интернеттің жарты сағат ішінде болмауы (тіпті бірнеше күн) жұмыстың тоқтап қалуына, бизнес-процестердің бұзылуына, қаржылық шығындарға, ақпараттың жоғалуына және клиенттердің наразылығына қауіп төндіреді [5].

Мәліметтерді шифрлау. Зиянкестер мәліметтерді шифрлап, оларды тек төлем жасалған жағдайда қайтаруға уәде береді. Бұл шабуылдар "Ransomware" деп аталады.

Әлеуметтік инженерия — адамның психологиялық осал тұстарын пайдаланып, оған рұқсатсыз немесе қасақана әрекеттер жасауға итермелеу арқылы құпия ақпарат арудың әдісі. Бұл тәсілдер көбінесе адамның сеніміне кіріп, ұйымдардың ішкі процестеріне кіру үшін қолданылады. Әлеуметтік инженерия әдістерінің негізгі түрлері мен олардың жұмыс істеу принциптері.

Құпиясөздерді ұрлау: Қызметкерлердің әлсіз немесе қарапайым құпиясөздерін алу үшін, фишингтің элементтері арқылы жасырын шабуылдар жасалады.

Клондау (Spoofing): Құрылғы немесе жүйе құпия ақпаратты ұрлау мақсатында басқа құрылғы немесе жүйе ретінде

көрсетіледі. Бұл жағдайда құрылғының немесе сервердің сәйкестігі жасалып, дұрыс ақпарат беріледі [6].

Жалған қызметкерлер (Impersonation): Құрылымдарда басқа адамның немесе компанияның қызметкері ретінде танысып, олардың қауіпсіздік шараларын бұза отырып, ақпарат алуға тырысу.

USB арқылы құпия ақпарат алу: Тегін бағдарламалық қамтамасыз ету немесе мәліметтерді көшіру үшін "тегін" USB құрылғылары беріледі. Бірақ бұл құрылғыларда зиянды бағдарламалар болуы мүмкін, олар құрылғыға қосылған кезде мәліметтерді ұрлайды.

Жалған телефон қоңыраулары: Құрбандарға заңды ұйымнан немесе мемлекеттік қызметкерден телефон қоңырауы келіп, олардың жеке мәліметтерін немесе банктік ақпараттарын сұрайды. Тіпті кәзір

Әлеуметтік инженерия әдістері адамдардың психологиялық осал тұстарын пайдалану арқылы құпия ақпарат аруды мақсат етеді. Бұл әдістердің тиімділігі олардың адамның сеніміне кіру және оны өз еркімен ақпарат беруге итермелеуіне негізделген. Сондықтан ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін тек техникалық шаралар ғана емес, сонымен қатар қызметкерлердің және ұйымдардың ақпараттық қауіпсіздікке қатысты сауаттылығын арттыру қажет.

Интернеттегі ашық ақпаратты жинау. OSINT (Open Source Intelligence) ашық көздерден ақпарат жинау әдісі, ол ақпаратты құпиялылықты бұзбай және заңды түрде алу принципіне негізделеді. OSINT ақпаратты жинаудың ең танымал және тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Бұл ақпаратты мемлекеттік органдар, заңнамалық органдар, қауіпсіздік қызметтері, журналистер, зерттеушілер, сондай-ақ киберкылмыскерлер, ұйымдар мен компаниялар да пайдаланады [7]. OSINT-тің негізгі көздері: Әлеуметтік желілер (Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, TikTok, және басқалар) OSINT жинау үшін маңызды ақпарат көздері болып табылады.

Тікелей қол жеткізе алмайтын мәліметтерді алу үшін зиянкестер объектілерге қосымша құрылғылар орнатады.

- **GPS трекерлер:** Қозғалыс траекторияларын қадағалау үшін.
- **Жасырын микрофондар мен камералар:** Кеңседегі сөйлесулер мен іс-әрекеттерді тіркеу үшін орнатылады.
- **Wi-Fi тыңдау құрылғылары:** Желілік трафикті ұстап қалу және ақпаратты

шифрын ашу үшін қолданылады.

Құпия ақпаратты алу барысында техникалық құралдар мен құрылғылардың рөлі өте маңызды, әсіресе сигнал генераторлары, цифрлық зондтар ақпаратты алудың тиімді әдістері болып табылады. Бұл құралдар ақпаратты жиналуына, оның бөлініп кетуіне, және қорғалуына байланысты әртүрлі процестерді бақылауға мүмкіндік береді.



Сурет 2. Сигнал генераторлары

Сигнал генераторлары — электрондық құрылғылар, олар белгілі бір жиіліктегі электромагниттік сигналдар шығарады. Бұл сигналдар заңсыз құрылғыларды бақылау үшін қолданылуы мүмкін. Әртүрлі құралдар мен датчиктер арасындағы байланыстар мен сигналдарды бақылай отырып, белгілі бір ақпаратты алу үшін қолданылады.

Цифрлық зондтар — бұл ақпарат алу мақсатында қолданылатын техникалық құралдар. Олар компьютер және басқа техникалық жүйелердің электрондық құрылғыларымен байланысып, деректерді жинайды. Интернет арқылы немесе жергілікті желі арқылы өтетін ақпаратты бақылап, қадағалауға мүмкіндік береді[9].

Ақпаратты қорғау үшін заманауи бақылау әдістері мен құралдары қолданады. Оларға мыналар жатады: Деректерді шифрлау. Шифрланған

деректер ағып кеткен жағдайда зиянкестер үшін қол жетімді емес.

Деректерді бақылау және талдау.

Қызметкерлерді оқыту. Семинарлар мен тренингтер арқылы қызметкерлердің киберқауіпсіздік туралы хабардарлығын арттыру фишинг пен әлеуметтік инженерияның басқа түрлерінің алдын алуға көмектеседі.

Бағдарламалық жасақтаманы үнемі жаңартып отыру. Бағдарламалық жасақтаманы үнемі жаңартып отыру және патчтарды орнату осалдықтарды жояды.

Жүйелерді үнемі бақылау және ақпараттық ағып кетуді алдын ала анықтау.

Құрылғылардың қауіпсіздік параметрлерін үнемі тексеру[10].

Құпия ақпаратты алу әдістері мен құралдары заманауи технологиялардың дамуымен күрделеніп, түрленіп отырады.

Бұл ақпараттық қауіпсіздік мәселелерін күшейту керектігін білдіреді. Тиімді қорғау үшін ұйымдар кешенді тәсілдер мен заманауи шешімдерді қолдануы қажет. Тек осындай шаралар арқылы ақпараттық ресурстардың құпиялығы мен тұтастығын қамтамасыз етуге болады.

Қорытынды

Ақпараттық қауіпсіздік – қазіргі заманның ең өзекті мәселелерінің бірі. Техникалық

құралдардың күрделенуі және кибершабуылдардың көбеюі деректерді қорғаудың маңыздылығын арттырды. Тек технологиялық шешімдер ғана емес, заңнамалық, ұйымдастырушылық және психологиялық шаралар кешенін қолдану арқылы ақпараттық жүйелердің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге болады. Жаңа қауіп-қатерлерге қарсы тиімді стратегия құру – ұйымдар мен мемлекеттердің алдында тұрған негізгі міндеттердің бірі.

Әдебиеттер

- [1] <https://allinsurance.kz/articles/analytical/20057-top-20-prognozov-pokiberprestupnosti-na-2023-god>;
- [2] А. И. Белоус & В. А. Солодуха Кибероружие и кибербезопасность. О сложных вещах простыми словами – Инфра-Инженерия, 2020.
- [3] https://translated.turbopages.org/proxy_u/ru-kk.ru.179cf6d9-675042ec-3a10ae1a-74722d776562/https/ru.wikipedia.org/wiki/Кейлогер
- [4] https://ru.wikipedia.org/wiki/Троянская_программа
- [5] https://translated.turbopages.org/proxy_u/ru-kk.ru.651a9558-6750437e-711f0b30-74722d776562/https/ru.wikipedia.org/wiki/DoS-атака
- [6] Гуржиева, Л. И. Информационная безопасность: Учебное пособие. Москва: Юрайт, 2021.
- [7] Солдаткин, В. И. Теория и практика информационной безопасности. Санкт-Петербург: Питер, 2020.
- [8] Снегур, А. В. Основы защиты информации: Учебное пособие. Москва: Академия, 2019.
- [9] Кашкаров, А. П. Информационная безопасность: Защита персональных данных. Москва: ДМК Пресс, 2022.
- [10] Белов А. С. Модернизация системы информационной безопасности = Modernization of the Information Security System: The Approach to Determining the Frequency: подход к определению периодичности / А. С. Белов, М. М. Добрышин, Д. Е. Шугуров // Защита информации. Инсайд. - 2022. - № 4. - С. 76-80.

References

- [1] <https://allinsurance.kz/articles/analytical/20057-top-20-prognozov-pokiberprestupnosti-na-2023-god>;
- [2] A. I. Belous & V. A. Solodukha Cyber Weapons and Cybersecurity. About complex things in simple words – Infra-Engineering, 2020.
- [3] https://translated.turbopages.org/proxy_u/ru-kk.ru.179cf6d9-675042ec-3a10ae1a-74722d776562/https/ru.wikipedia.org/wiki/Кейлогер
- [4] https://ru.wikipedia.org/wiki/Троянская_программа
- [5] https://translated.turbopages.org/proxy_u/ru-kk.ru.651a9558-6750437e-711f0b30-74722d776562/https/ru.wikipedia.org/wiki/DoS-атака
- [6] Gurzhieva, L. I. Informatsionnaya bezopasnost': Uchebnoe posobie [Information Security: A Textbook]. Moscow: Yurayt, 2021.
- [7] Soldatkin, V. I. Teoriya i praktika informatsionnoy bezopasnosti [Theory and practice of information security]. St. Petersburg: Piter, 2020.
- [8] Snegur, A. V. Osnovy zashchita informatsii: Uchebnoe posobie [Fundamentals of information protection: Textbook]. Moscow: Academy, 2019.
- [9] Kashkarov, A. P. Informatsionnaya bezopasnost': Zashchita personal'nykh dannykh [Information security: Protection of personal data]. Moscow: DMK Press, 2022.

- [10] Belov A. S., Dobryshin M. M., Shugurov D. E. Modernization of the Information Security System = Modernization of the Information Security System: The Approach to Determining the Frequency: An Approach to Determining the Periodicity / A. S. Belov, M. M. Dobryshin, D. E. Shugurov // Information Protection. Inside. - 2022. - № 4. - P. 76-80.

Методы и средства получения конфиденциальной информации

Шапагат Серикова^a, Сая Наурызбаева^a

^a Высшая школа информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, 010000, Астана, Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются влияние цифровой революции на информационную безопасность и ее актуальные проблемы. Наряду с возрастанием важности конфиденциальной информации, возросла и вероятность того, что она подвергнется риску. Кибероружие и кибератаки стали основными видами современных угроз, и эти атаки наносят значительный ущерб с точки зрения финансовой, репутационной и национальной безопасности. В статье описаны методы несанкционированного доступа к информации, в том числе способы использования технических каналов и электромагнитного излучения, предложены стратегические решения по защите информационных систем.

Ключевые слова: информационная безопасность, кибербезопасность, кибероружие, конфиденциальная информация, технические каналы, TEMPEST, электромагнитное излучение, защита информационных систем, безопасность данных

Methods and means of obtaining confidential information

Shapagat Serikova^a, Sая Nauryzbayeva^a

^a Higher School of Information Technology and Engineering, Astana International University, 010000, Astana, Kazakhstan

Abstract. The article examines the impact of the digital revolution on information security and its current problems. Along with the increasing importance of confidential information, the likelihood that it will be at risk has also increased. Cyber weapons and cyber attacks have become the main types of modern threats, and these attacks cause significant damage in terms of financial, reputational, and national security. The article describes methods of unauthorized access to information, including ways to use technical channels and electromagnetic radiation, and suggests strategic solutions to protect information systems.

Keywords: information security, cybersecurity, cyberweapons, confidential information, technical channels, TEMPEST, electromagnetic radiation, information system protection, data security.

А вот наблюдатель тут явно притянут за уши!

Эмир Ашшурский ✉

✉ Институт искусственного интеллекта при НАНУ, 01001, Киев, Украина
✉ *e.ashursky@gmail.com*

Аннотация. В данной статье автор подвергает последовательной критике весьма неуклюжие попытки отдельных излишне заангажированных естествоиспытателей хоть как-то аргументировать пресловутый парадокс Ферми. Шутка ли кому сказать: в своих громоздких, но зачастую бессистемных конструкциях многие западные астрофизики доходят даже до того, что ничтоже сумняшеся меняют местами причину со следствием!

А впрочем, объективности ради мы заодно приведем здесь и несколько других, куда более внятных и осмысленных мнений по этому поводу, да и к тому же непосредственно из уст общепризнанных светил мирового уровня (включая Нобелевских лауреатов). При этом кое-кто из них откровенно оценивает сегодняшнюю патовую неопределенность как своего рода творческий застой; другие склоняются к версии глобального теоретического соскальзывания в никуда, обусловленного чисто обывательскими веяниями; ну а третьи прямо заявляют, что представителям точных наук пора уже, очевидно, готовиться к смене старой звездной парадигмы на некую кардинально обновленную.

Но все же, не дожидаясь у моря погоды (а также просто хотя бы назло одиозным сребролюбивым америкосам, не воспринимающим всерьез ни наших нынешних потенциальных возможностей, ни даже минувших поистине грандиозных достижений), мы попытаемся тут самостоятельно разрешить некоторые наиболее спорные и животрепещущие проблемы бытия.

Ключевые слова: мультифазная эволюция, формула Дрейка, антропный принцип, пульсирующая Вселенная, онтологическая память, теософская доктрина, гегемония роботов.

Введение

Свежайшие широко разрекламированные успехи заокеанских теоретиков, на-ура «изучивших» с помощью выносных телескопов и ядерных коллайдеров первые секунды после Большого Взрыва, наряду с гордостью за современную мировую науку, не могут не вызывать у нас с вами и толики здорового скептицизма к их деятельности. Ибо подобная нулевая ретрополяция нередко, увы, противоречит многим общеизвестным логическим постулатам. В частности, если прогнозы на будущее как-то обычно выстраиваются благодаря вполне достаточному наличию 100%-но доказанных заархивированных фактов, то на чем основано спекулятивное «подглядывание» в дочеловеческую историю [1,2] – остается пока не совсем еще понятным. Отсюда уж как бы и не приходится особо удивляться обилию

всякого рода ложных ходов и прочих смысловых несуразиц (от модели холодной Вселенной – до приснопамятного торсионного мракобесия), непосредственными свидетелями которых пришлось стать в том числе и нам с вами.

1. Ведь даже и академикам свойственно, увы, заблуждаться.

Приведу в этой связи пару наглядных примеров. В 2017 году директор Астрокосмического центра ФИАН (г. Москва) Николай Кардашев заявил, что, по его мнению, все высокоразвитые цивилизации давно уже покинули нашу Вселенную, переселившись в другие более подходящие для них области Мультиверсума [3, с. 14-19]. Правда, о косвенных причинах такого довольно странного как для академика антинаучного утверждения догадаться, в общем-то, не так уж сложно. Дело в том, что в самом начале

своей исследовательской карьеры Николай Семенович частенько на полном серьезе уверял своих коллег, что уже в ближайшей перспективе имеет реальные планы встретиться, а возможно даже, и лично законтачить с кем-либо из разумных инопланетных обитателей. Однако, как только его посюсторонний земной путь исподволь, но неуклонно стал приближаться к своему извечному житейскому финалу, - довелось уже престарелому столичному ученому поневоле выискивать себе любые варианты для сколь-нибудь пристойного «тактического отступления».

А впрочем, не дальновиднее своего шефа оказался в этом смысле и его верный «зам» по институту Игорь Новиков, увлекшийся еще в середине 80-х, прямо скажем, весьма и весьма сомнительной затеей создания машины времени. О явной бредовости подобных беспочвенных фантазий, противоречащих всем признанным естественнонаучным канонам (особенно что касается хроно-вояжей в прошлое), было уже сказано немало [4]. Однако детальнее собственными интересными взглядами и соображениями по этому поводу автор собирается поделиться с читателями «ISR» уже в следующем (весеннем) выпуске журнала. Но, как бы там ни было, сам Игорь Дмитриевич всё так же безрезультатно носится со своей воспаленной фикс-идеей и поныне...

А вообще совсем, надо полагать, не зря древние латиняне поговаривали: «Errare humanum est, stultum est in errore perseverare». Не обошла подобная участь и величайшего гения отечественной астрономии В.А.Амбарцумяна. Так, в 1958 году на традиционной брюссельской конференции «Solvay» по физике он прочитал один из самых знаменитых своих докладов, впервые публично заявив при этом, что «в ядрах галактик происходят чрезвычайно мощные взрывы, вследствие чего наблюдается выделение огромных дополнительных масс. А значит, они (эти ядра) должны содержать внутри себя какие-то тела неизвестной природы». Тем самым он, по существу, дал творческий толчок

новой науке – теории галактической эволюции. И всё бы ничего, да только вот в последующих своих работах [5,6] Виктор Амазаспович, поддавшись, очевидно, всяким модным тогда иллюзорно-обманчивым гипотезам, представил уже свою позицию чуть иначе - что якобы подобные дымчато-голубоватые струи являются собой не что иное как спонтанные вторжения материи из параллельных миров. Хотя на самом деле сейчас уже принято считать, что это, вероятнее всего, может быть обусловлено взаимодействием магнитного поля с аккреционным диском вокруг чёрной дыры (ну или - как некий вполне допустимый вариант - очень массивной нейтронной звезды).

К слову, мы отнюдь не случайно взяли на себя смелость совершить здесь этот кратенький (но, надеюсь, полезный) экскурс в столь памятные еще многим времена зарождения новейших прогрессивных знаний о космосе. Ибо в данной авторской статье как раз подвергаются достаточно исчерпывающему (хотя и в основном критическому) анализу очень уж, по правде говоря, бессистемные и сумбурные попытки целого ряда весьма амбициозных западных астрофизиков хоть как-нибудь «на пальцах» аргументировать пресловутый парадокс Ферми. Шутка ли кому сказать: в своих громоздких, но явно надуманных конструкциях некоторые из них доходят даже до того, что ничтоже сумняшеся меняют местами причину со следствием!..

А впрочем, тут же заодно, так сказать, «для пущего плюрализма» нами будет приведено и немало иных, куда более содержательных и толковых суждений на эту тему - непосредственно из уст альтернативно мыслящих ученых (да и к тому же – замечу - с мировым именем!). Причем кое-кто из них откровенно оценивает сегодняшнюю патовую неопределенность как своеобразную творческую стагнацию; другие больше склоняются к версии конъюнктурно обусловленного техно-регресса: тогда как третьи прямо заявляют, что представителям точных наук, пора уже, очевидно,

готовиться к смене старой звездной парадигмы на некую кардинально обновленную. Но всё же, не дожидаясь у моря погоды (да и в пике зазнавшимся чванливым америкосам, не признающим всерьез ни теперешних наших креативных возможностей, ни даже былых поистине грандиозных достижений), мы попробуем своими силами разрулить здесь некоторые наиболее спорные моменты

2. В очереди за уникальным наблюдателем.

Не секрет, что дилетантская наивность так называемого антропного принципа критикуется сейчас уже многими компетентными и широко известными в мире специалистами. Хотя вообще-то в модели «пульсирующей Вселенной» (как и в модной нынче эволюционной гипотезе Л.Смолина) выбор первичных свободных параметров, судя по всему, неслучаен. Во-первых, можно допустить, что они - как неприкосновенные эталонные образцы – переходят от поколения к поколению целиком. Во-вторых, если даже и формируются при каждом очередном Взрыве сызнова, то именно благодаря наличию вовне некоей «сквозной» онтологической памяти. Но даже и при выбраковке обоих этих извинительных аргументов, в качестве решающего довольно-таки веского козыря против мнимой антропофильности бытия является то, что в абсолютно любой Вселенной аргіогі должны присутствовать всякого рода «тонкотельные» полубоги и ангелы, не говоря уж о мельчайших осколках Разума (информонах). Это, естественно, касается и тех случаев, когда самосборка тяжелых элементов или молекул (а вместе с ними – и привычной для нас биожизни) окажется всё ж таки с астрофизической точки зрения затруднительной и маловероятной.

А вообще можно, по идее, представить себе три принципиальных динамических схемы мироздания:

- а) своеобразные качели «от энергии (Воли) ⇔ к информации (Разуму) и обратно»;*
- б) непрерывные эксперименты или даже экспромты самой Воли (сюда же - заметим*

- вписывается и хорошо, видимо, многим знакомое теософское откровение о бытовавших прежде 5-и бесплотных расах);

в) ну и наконец, независимо от них здесь может быть рассмотрена также и модная свежееиспеченная гипотеза [7] о нашем бытии как компьютерной симуляции некоей скрытой теневой реальности (кстати, в этом случае столь привычные для «айтишников» биты и байты перейдут уже в ранг главного источника взаимодействия всех его вещественных и мнимых объектов).

Но в целом кажущаяся полярность интересов Разума и Воли на самом деле ощущается разве что, пожалуй, иногда в социально-исторической плоскости. В остальном же они повсюду идут рядом*, как бы дополняя и творчески обогащая друг друга. Так что противопоставлять их в масштабах Вселенной можно только по временным параметрам: от энергии насыщенного, но бесструктурного хаоса – к предельно структурированному, но холодно-безжизненному Космосу**.

При этом любые созидательные деяния Разума должны, по идее, обуславливаться соответствующими характеристиками его элементарных носителей (информонов), а именно – либо самоудвоением, либо дистанционной передачей тех или иных внутренних параметров. Что в совокупности позволяет им обходить небезызвестный запрет на клонирование (введенный в нынешнюю научную практику физиками Вуттерсом, Зуреком и Диксом), как, впрочем, и другие аналогичные нестыковки, связанные в том числе с нарушением четности или же с пресловутой хиральной асимметрией.

И в этом как раз состоит основное отличие таких мобильных и вездесущих микрочастиц от «духа святого», который (если даже отождествить его, допустим, с неким калибровочным полем) зиждется на сравнительно инертных и невесомых бозонах, ну или, возможно, на сверхскоростных тахионах [8]. А кроме того, по моему твердому убеждению, презентуемая

нам свыше трансцендентальная энергия, как и вселенское время, вообще не подлежит разбивке на мельчайшие дискретные компоненты, поскольку де-факто являет собой атрибут, но уж никоим образом не объект и тем более не орудие предустановленного миропорядка***. Который, выступая в качестве первопричины любых природных взаимодействий, дает *per se* творческий толчок всеобщему эволюционному прогрессу [9].

Итак, какие же отсюда напрашиваются логические выводы? Ну, прежде всего то, что «сильный антропный принцип» в версии признанного заокеанского авторитета Джона Уилера («*Наблюдатели необходимы для обретения Вселенной бытия!*»), несмотря даже на своё изящество и показную афористичность, на самом деле вполне тривиален и вряд ли может принести практикующим ученым хоть какую-то ощутимую пользу. Что же касается «слабого» (чуть ранее предложенного проф. Григорием Идлисом в таком чисто потребительском виде: «*Мы наблюдаем заведомо не произвольную область Вселенной, а ту, особая структура которой сделала её пригодной для возникновения и развития жизни*»), то здесь и вовсе говорить не о чем. Ибо, мало того, что он как бы уже по своей сути (бесцеремонно перетасовав причину со следствием) проникнут софистикой, так еще и совершенно не соответствует окружающей нас действительности. Потому что при любых корпускулярных параметрах вероятность возникновения разумной жизни (а вместе с ней – и потенциального наблюдателя) всё равно остается весьма высокой! Но только, естественно, не в вакуумном пространстве; ну и, понятное дело, не тут же прямо с бухты-барахты, «по мимолепной прихоти золотой рыбки», а хотя бы через пару-тройку миллиардов лет...

Кое-кто из западных астрофизиков всячески пытается здесь, впрочем, апеллировать к небезызвестной формуле Дрейка [10]:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Дескать, если даже исходя из её предельно заниженных коэффициентов, в нашей галактике должно существовать хотя бы несколько развитых гуманоидных сообществ, а их пока нет ни одного. сообществ, а их пока нет ни одного, — значит, как хором уверяют они, феномен эксклюзивного земного наблюдателя - налицо! Однако же на самом деле данное обстоятельство может, пожалуй, свидетельствовать лишь о том, что простая лапласовско-картезианская трактовка тут, увы, неприемлема. То есть, говоря более конкретно, это еще раз доказывает этиологическую сложность происхождения цивилизаций, связанную с нелинейностью путей «от косного к живому» (что как бы подтверждается вышеупомянутой версией о 5-и предшествовавших нам расах).

В целом же, сопоставляя теорию коренных рас Е.П.Блаватской [11] с эволюционным древом современных биологов, невольно приходишь к выводу, что первая из них вполне может служить неким подобием хорошо адаптированной почвы для нормального «роста» второго. То есть вначале мучительно долго и кропотливо из эфира, астрала, ментала и грубой протоновой «подложки» складывались первоэлементы организованной материи (в виде стабильных атомов и кольцевых углеродсодержащих молекул), а затем уже всё продолжилось по знакомому нам школьному сценарию.

Хотя, впрочем, тут приведена лишь общая поверхностная картина эволюционного развития; ибо на самом деле оба этих процесса шли почти одновременно друг с другом; однако раньше в ней повсюду главенствовали законы теософии (или, если угодно, астрофизики), тогда как сейчас – преимущественно биологические. В этой связи о появлении на Земле привычной для нас биожизни можно, пожалуй, вести речь где-то уже начиная с успешного взаимовыгодного синтеза ментала (отвечающего, как известно, за родовую

память) с имманентной «чувственностью» органических колец.

3. Похоже, ни одну серьёзную проблему уж не решить без лаконичной экспертизы Лема!

Ну и под занавес, как и было обещано, приведем тут некоторые наиболее яркие и оригинальные (хотя порою, правда, и достаточно острые) мнения популярных писателей и признанных светил академической науки, в том числе и недавних Нобелевских лауреатов.

Итак, антропный принцип, как мы выяснили, предполагает по своей сути не только подходящие природные условия, но и точную адекватную настройку ряда необходимых параметров. Но вместе с тем, согласно знаменитому британскому физическому Роджеру Пенроузу, он едва ли мог послужить в качестве главной движущей силы направляемой извне эволюции: ведь сознание, если уж на то пошло, является, в общем-то, лишь неким дополнительным подспорьем для естественного отбора.

А по словам шеф-редактора журнала «Скептик» Майкла Шермера, отвергая веру в единую углеродную форму жизни, можно умозаключить, что в действительности это как раз мы идеально и четко подстроены под Вселенную, а не наоборот. И даже если нам трудно сполна разобраться, каким именно образом физические явления коррелируют с земным разумом, сам он всё же думает на сей счет совсем по-другому!

Со своей стороны, легендарный польский фантаст Станислав Лем [12] подчеркивает, что там, где *per definitionem* никого нету, - отсутствует и личность, обладающая собственным мировосприятием. Да и, кроме того, Вселенная не может быть обвинена в преднамеренном умысле, а значит - не является облигатным и само существование абстрактного наблюдателя. Иначе говоря, она развивается так, как ей хочется, - и никакой внешний интеллект не может стоять за этим.

Причем здесь нужно еще иметь в виду, что мы обычно склонны обнаруживать корреляции везде, где, как нам кажется, не могло обойтись без предварительной

осознанной настройки или «подтасовки карт». Одним из таких случаев является условная аналогия с расстрельной командой (на иллюстративном примере канадского философа Джона Лесли) - когда узник, вот-вот ожидавший уже гибели, остаётся вдруг целым-невредимым, постоянно озадачиваясь вслед за тем неотступной навязчивой идеей: а не намеренно ли эта рота стрелков всё ж таки промахнулась?

В свою очередь, видный европейский специалист по нейронным сетям Юрген Шмидхубер указывает, что антропному принципу не дано спрогнозировать что-либо действительно полезное и важное для нас, ну или ответить хотя бы на некоторые животрепещущие вопросы бытия.

Так что с учетом всех этих характеристик его можно даже приравнять к главному подручному средству психологов. Ну а если кто-то пока еще не совсем в курсе, напомню: с каким бы тяжелым личным горем ни обратился к подобным «душеспасителям» тот или иной клиент, настоящий профессиональный психолог прежде всего попытается его заверить, что всё случившееся является на самом деле наибольшим достижимым благом и огромнейшим чуть ли не райским счастьем. Потому что в любом альтернативном варианте новая психологически просчитываемая ситуация наверняка оказалась бы стократ хуже!..

Обратимся теперь к «слабому антропному принципу». Из его определения непосредственно, между прочим, вытекает, что где-то вокруг нас вполне могут быть и другие материальные универсумы (но уже с иными настройками), в которых разумная жизнь зародиться практически не способна. Но если уж говорить о многомерной интерпретации квантовой механики, то тут, по словам почетного профессора Питтсбургского университета Джона Эрмана, у нас нету пока никаких даже смутных догадок относительно самого механизма расщепления той гипотетической пра-Вселенной. А уж тем более, нет никаких

сведений, где, когда и по какой именно причине такое вообще могло произойти. Вот почему на данном этапе своего планетарного развития мы не вправе компетентно утверждать о множественности миров.

Ну и наконец, следовало бы добавить, что некоторые верующие учёные (к примеру, англичанин Джон Полкинхорн) используют антропный принцип как еще одно убедительное доказательство богоприсутствия. То есть что якобы именно Господь создал такую тонкую космическую настройку, которая позволила существовать разумному земному наблюдателю. Не зря же, как отмечает известный христианский апологет и неоплатоник Уильям Крейг, в разгар бурных дискуссий по антропному принципу границы между физикой и философией становятся уже весьма расплывчатыми.

Однако аргумент о человеке как венце божественного творения является чисто интуитивным: ведь его пока нельзя ни опровергнуть, ни подтвердить. Ибо в реальности мы с вами – только маленький ничтожный кусочек Вселенной, внезапною завтрашнюю пропажу которого она, возможно, даже и не заметит; а пресловутый Номо-фактор – всего лишь ошибка игрока, чересчур уж переоценившего свою роль...

Заключение

Таким образом, в противовес явно надуманному антропному мы здесь приходим к постулированию иного – гораздо более важного для науки принципа. Суть его в том, что Вселенная на данном этапе упорядочивается в качественном отношении, разупорядочиваясь в то же время в количественном (тепловом). Причем это фундаментальное свойство должно, по-видимому, распространяться на все законы термодинамики (и в частности, второй). Да и, кстати, то же самое касается и синергетики – вопреки тому, что представлял себе И.Р.Пригожин [13].

Так что, скорее всего, разупорядочивание идет по энергетическому вектору, а упорядочивание – по информационному. Но

эта зависимость не носит, однако же, линейного характера, поскольку развитый интеллект создаёт новую алгоритмическую продукцию [14] намного проще и быстрее – без высоких энергозатрат (если сравнивать с тем, что было на заре становления Вселенной). А значит, и почти уже теряет смысл дилемма насчет того, чем именно де-факто порождается актуальный для нас багаж знаний: первичными осколками Разума, общеземным био-социумом, ну или, возможно, некими суперсовременными электронно-вычислительными комплексами; ведь любой искусственный интеллект, по идее, тоже есть продукт неумолимой деятельности информонов [15, с. 111-119]. При этом главными кандидатами на роль элементарных носителей информации, если говорить о реально существующих частицах, являются легчайшие из ныне уже открытых лептонов – нейтрино (а среди предсказанных "au bout de plume" можно, например, назвать вимпы или LSP).

Другими словами, практически все известные на сегодня законы физики, химии и биологии (а особенно – первые из них) должны рассматриваться как вполне естественный итог самоорганизационных процессов, ибо все они, так или иначе, связаны с упорядоченным движением. А вот вместо слишком уж скомпрометировавшего себя антропного принципа автор предлагает ввести в официальную научную лексику сформулированный и обоснованный им в предыдущих своих печатных работах [16] «квазиантропный парадокс».

* *Да и притом под общим верховенством (пока, во всяком случае) именно Разума.*

***И вот как раз на этом финишном отрезке из-за критической нехватки энергоресурсов действительно представляется вполне уже реальным переход от нынешней живой цивилизации к гегемонии роботов.*

****Кстати, не исключено, что на уровне микромира ход вселенского времени может отличаться от того, как мы традиционно привыкли его воспринимать: например, большей симметрией относительно точки отсчета, когда пара любых событий «до» и «после» экстраполируются, в общем-то, гораздо легче, чем в обычной ситуации (хотя, впрочем, сюда же, по сути, можно причислить и феномен равновероятных взаимопревращений лептонов и других элементарных частиц). Но всё же таки с жестким соблюдением, однако, фундаментального и незыблемого правила временной необратимости, обусловленного, да и всецело, увы, подчиняющегося пресловутому энтропийному фактору!*

Литература

- [1] Саган К. (2005). Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации. СПб.: изд. «Амфора», 254 с. link access: https://batrachos.com/sites/default/files/pictures/Books/Sagan_2015_Kosmos.pdf
- [2] Chaisson E (2001). Cosmic evolution: the rise of complexity in nature. Harvard: p/h "Press", 274 p.
- [3] Лескова Н. (2017). То, что мы делаем, — это впервые // журнал «Наука и жизнь», № 11 - 2017 г.
- [4] Ashursky E.E. (2024). Unfortunately, for now we aren't the gods of time! // journal «Cognition», Vol. 6 (1), pp. 23 – 30, link access: <https://www.nepjol.info/index.php/cognition/article/view/64435>.
- [5] Амбарцумян В.А. (1973) Философские вопросы науки о вселенной. Сборник докладов, выступлений и статей. Ереван: Издательство АН Армянской ССР, 426 стр.
- [6] Ambartsumian V.A. et al. (1965). Philosophische probleme der modernen kosmologie. Berlin, p/h "VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften".
- [7] Bostrom N. (2003). Are you living in a computer simulation? // journal "Philosophical Quarterly", № 53 (211), pp. 243 – 255, link access: <https://simulation-argument.com/simulation.pdf>
- [8] Ашшурский Э.Э. (2007). Предвидение или припоминание? // журнал "Природа и человек", № 5 - 2007, с. 54 - 55
- [9] Тесля Ю.Н. (2010). Введение в информатику природы (монография). Киев: «Маклаут», 255 стр. Электронный ресурс: http://teslia.kyiv.ua/?page_id=170
- [10] Drake F.D. (1962). Intelligent life in space. New York: p/h "Macmillan", 128 p.
- [11] Blavatsky H. P. (1877). Isis Unveiled: a Master Key to the Mysteries of Ancient and Modern Science and Theolog. Pasadena: p/h of Theosophical Society, 640 ps. URL: <https://www.theosociety.org/pasadena/isis/iu-hp.htm> /
- [12] Лем С. (1977). Czy jestesmy sami w kosmosie? (Одиноки ли мы в космосе?) Пер. с пол. Б. Пановкина // журнал «Знание — сила», № 7 - 1977, с. 40–41, link access: <http://flibusta.site/b/32478/read>
- [13] Пригожин И.Р. & Стенгерс И. (1986). Порядок из хаоса: Новый диалог человека с Природой. Москва: изд. «Прогресс», 431 стр.
- [14] Колмогоров А.Н. (1991). Алгоритм, информация, сложность. Москва: изд. "Знание", 48 стр.
- [15] Ashursky E. E. (2021). In the footsteps of Einstein and Wiener // journal «Artificial Intelligence», Vol. 26(2), URL: <https://doi.org/10.15407/jai2021.02.111>
- [16] Ashursky E. E. (2022). Under a mysterious mute marquee of Silentio Universi // journal "Science and Education" (Vol. 3, iss. 2), pp. 989 – 994, URL: <http://paper.researchbib.com/view/paper/348055>

References

- [1] Sagan Karl (2005). Kosmos. Evolutsija Vselennoj, zhizni i tsivilizatsii // SPb., p/h “Amfora”, 254 p. (in Russ.), link access: https://batrachos.com/sites/default/files/pictures/Books/Sagan_2015_Kosmos.pdf
- [2] Chaisson E. (2001). Cosmic evolution: the rise of complexity in nature. Harvard: p/h “Press”, 274 p.
- [3] Leskova N. (2017). What we are doing is the first time // journal “Science and Life”, No. 11 - 2017
- [4] Ashursky E.E. (2024). Unfortunately, for now we aren't the gods of time! // journal «Cognition», Vol. 6 (1), pp. 23 – 30, link access: <https://www.nepjol.info/index.php/cognition/article/view/64435>.
- [5] Ambartsumian V.A. (1973) Philosophical questions of the science of the universe. Collection of reports, speeches and articles// Yerevan: Publishing House of the Academy of Sciences of the Armenian SSR, 426 p. (in Russ.)
- [6] Ambartsumian V.A. et al. (1965). Philosophische probleme der modernen kosmologie. Berlin, p/h “VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften” (in German)
- [7] Bostrom N. (2003). Are you living in a computer simulation? // journal “Philosophical Quarterly”, № 53 (211), pp. 243 – 255, link access: <https://simulation-argument.com/simulation.pdf>
- [8] Ashursky E.E. (2007): Precognition or recalling?// journal «Nature & Man», №5 – 2007, p. 54 - 55 (in Russ.)
- [9] Teslia Yury (2010) *Vvedenie v informatiku prirody [Introduction into the informatics of nature]*. Kiev: Maklout. Retrieved from: http://teslia.kyiv.ua/?page_id=170 (in Russ.).
- [10] Drake F.D. (1962). Intelligent life in space. New York: p/h “Macmillan”, 128 p.
- [11] Blavatsky H. P. (1877). Isis Unveiled: a Master Key to the Mysteries of Ancient and Modern Science and Theolog. Pasadena: p/h of Theosophical Society, 640 ps. URL: <https://www.theosociety.org/pasadena/isis/iu-hp.htm> /
- [12] Lem Stanislav (1977). Odinoki li my v kosmose? // Moscow, journal «Znanie — sila» № 7 - 1977 (in Russ.), link access: <http://flibusta.site/b/32478/read>
- [13] Prigogine I.R., Stengers I. (1986). *Poryadok iz haosa: Novyj dialog cheloveka s Prirodoj [Order out of chaos: A new dialogue between man and nature]*. Moscow: Progress, 431 p. (in Russ.)
- [14] Kolmogorov A.N. (1991). *Algoritm, informacija, slozhnost' [Algorithm, information, complexity]*. Moscow: Znanie. – 48 p. (in Russ.)
- [15] Ashursky E. E. (2021). In the footsteps of Einstein and Wiener // journal «Artificial Intelligence», Vol. 26(2), URL: <https://doi.org/10.15407/jai2021.02.111>
- [16] Ashursky E. E. (2022). Under a mysterious mute marquee of Silentio Universi // journal "Science and Education" (Vol. 3, iss. 2), pp. 989 – 994. URL: <http://paper.researchbib.com/view/paper/348055>

Ал бақылаушының бұған қатысы жоқ!

Амир Е. Ашурский✉

NASU жанындағы Жасанды интеллект институты, 01001, Киев, Украина
✉ e.ashursky@gmail.com

Аңдатпа. Бұл мақалада автор кейбір тым бейтарап жаратылыстану ғалымдарының атышулы Ферми парадоксын қандай да бір түрде дәлелдеуге тырысатын ебедейсіз әрекеттерін дәйекті түрде сынға алады. Ешкімге айту әзіл емес: өздерінің күрделі, бірақ көбінесе мағынасыз конструкцияларында көптеген батыс астрофизиктері тіпті себеп пен салдарды еш ойланбастан алмастыруға дейін барады! Бірақ бәрібір, былайша айтқанда, «пікір плюрализмі үшін» біз осы тақырыпқа қатысты басқа да көптеген, бұдан да мағыналы, орынды тұжырымдарды – әлемге әйгілі ғалымдардың аузынан да ұсынып отырмыз. Сонымен бірге, олардың кейбіреулері бүгінгі тығырыққа тірелген белгісіздікті шығармашылық тоқыраудың бір түрі ретінде ашық бағалайды; екіншілері тұтынушылыққа қарай сырғыту жаһандық теориялық ауысу нұсқасына бейім; және тағы үшінші нақты ғылымдар өкілдеріне ескі жұлдыздық парадигманы түбегейлі жаңартылғанға өзгертуге дайындалатын уақыт келді деп ашық айтады.

Дегенмен теңіз жағасындағы ауа-райын күтпей-ақ (және біздің қазіргі әлеуетімізді де, тіпті өткен шын мәнінде үлкен жетістіктерімізді де байыппен қабылдамайтын жексұрын ақшақұмар американдықтарға қарамастан) біз мұнда болмыстың ең даулы және жанып тұрған мәселелері өз бетінше шешуге тырысамыз

Түйін сөздер: көп фазалық эволюция, Дрейк теңдеуі, антропикалық принцип, пульсирленген Әлем, онтологиялық жады, теософиялық ілім, роботтардың гегемониясы.

Whereas an observer is surely far-fetched here!

Emir E. Ashursky ✉

Institute of Artificial Intelligence at NASU, 01001, Kiev, Ukraine
✉ e.ashursky@gmail.com

Abstract. In this article, the author subjects to a rather exhaustive (although mostly, it's true, critical) analysis the one-track attempts of a number of current Western astrophysicists to somehow substantiate the well-known Fermi paradox. Is it a joke to say: in own perverted constructions, some of them even go so far as to unceremoniously rearrange the cause with the effect!

However, so to speak, for greater pluralism of opinions, we'll along the way quote many other, much more meaningful and sensible statements on this topic – right from the lips of alternatively thinking scientists (and besides – I note - with a world name!). Wherein some of them frankly assess the today stalemate uncertainty as a kind of creative stagnation; second are inclined towards the version of consumerity-driven global theoretical shift; while third directly declare that it is time for representatives of the exact sciences, obviously, to prepare for the change of the old starry paradigm to cardinally updated one. But still, without waiting for the weather by the sea (as well as just for spite the purse-proud arrogant Yankees, who, alas, do not seriously recognize our current creative capabilities, or even past truly grandiose achievements), here we will try on our own to resolve some of the most controversial issues.

Keywords: many-phase evolution, Drake equation, anthropic principle, pulsating Universe, ontological memory, theosophical doctrine, hegemony of robots.

Факторы, влияющие на оптимальность земельных ресурсов

Тыныкулова А.С. ^{a✉}, Фаддеенков А.В. ^b

^a Международный университет Астана, Казахстан, г.Астана

^b Заполярный государственный университет имени Н.М.Федоровского, РФ, г. Норильск

✉ Автор-корреспондент

Аннотация. Рациональное использование земельных ресурсов становится особенно важным в условиях роста антропогенной нагрузки, изменения климата и потребности в устойчивом сельскохозяйственном производстве. Настоящее исследование направлено на анализ факторов, влияющих на оптимальность использования земель, с акцентом на их природные, экономические и управленческие аспекты. Исследуемая территория характеризуется значительной неоднородностью почвенно-климатических условий и интенсивным антропогенным воздействием, что делает задачу оптимального землепользования особенно актуальной. Применяя методы геоинформационного анализа, экономико-математического моделирования и алгоритмы машинного обучения, авторы выявили ключевые закономерности оптимального распределения земель. Результаты исследования позволили разработать рекомендации, направленные на повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий, снижение экологической нагрузки и сохранение устойчивости экосистем. Предложенные подходы и выводы могут быть использованы для планирования землепользования, стратегического управления и предотвращения деградации земель в различных природно-экономических условиях.

Ключевые слова: Оптимальное землепользование, деградация земель, устойчивое развитие, продуктивность почв, климатические изменения, экономико-математическое моделирование, мониторинг ресурсов, управление землепользованием, экосистемные услуги.

Введение

Современные тенденции увеличения населения, изменения климата и интенсификации сельскохозяйственного производства создают значительную нагрузку на земельные ресурсы, что ставит под угрозу их долгосрочную продуктивность и экологическую устойчивость [1, 3]. Проблема рационального использования земель становится особенно актуальной для регионов с уязвимыми природными условиями, такими как степные зоны, где ограниченные ресурсы почв и воды требуют тщательного планирования и управления [5]. Неоптимальное использование земель приводит к их деградации, снижению урожайности и ухудшению экосистемных функций, что затрудняет достижение целей устойчивого развития [6]. В этой связи особое значение приобретают исследования, направленные на выявление факторов, определяющих оптимальность земельных ресурсов, а также разработку методов для их

рационального использования [2, 4]. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью внедрения подходов, которые позволят минимизировать негативные воздействия антропогенной деятельности и климатических изменений на земельные угодья, обеспечивая при этом их высокую продуктивность [8].

Целью данного исследования является анализ факторов, влияющих на оптимальное использование земель, с акцентом на разработку практических рекомендаций для повышения эффективности управления земельными ресурсами. Важным аспектом достижения этой цели является интеграция математических методов и информационных технологий, что позволяет выстроить системный подход к анализу и управлению земельными ресурсами [9]. Применение методов многокритериального анализа, математического моделирования и оптимизационных алгоритмов открывает возможности для определения наилучших

сценариев землепользования, учитывающих экологические, экономические и социальные параметры [7, 10].

Проблемная ситуация, ставшая основой для данного исследования, связана с ростом случаев деградации земель и снижением их продуктивности в условиях интенсификации сельского хозяйства [3]. Эти процессы требуют разработки инновационных подходов к мониторингу, планированию и управлению землепользованием с применением современных математических методов и информационных технологий, что и обусловило выбор темы исследования [2, 4].

Материалы и методы

Исследование направлено на анализ факторов, влияющих на оптимальность использования земельных ресурсов, с применением современных методов пространственного анализа, экономико-математического моделирования и алгоритмов машинного обучения [3, 6]. Основу работы составили данные о природных, экономических и социальных характеристиках земель, включая почвенно-климатические условия, уровни деградации, интенсивность сельскохозяйственного использования и экономические показатели [1, 5]. Пространственная информация была получена из цифровых карт местности, данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС) [4, 9].

Для пространственного анализа применялись технологии ГИС, которые позволили провести интеграцию и визуализацию данных [7]. Пространственные слои, включающие информацию о почвах, климате и интенсивности землепользования,

анализировались для определения зон с высоким риском деградации и снижения продуктивности [8]. Перекрытие пространственных данных и топографический анализ обеспечили выявление критически уязвимых территорий и построение картографических моделей [6, 10].

Экономико-математическое моделирование использовалось для оптимизации распределения земельных ресурсов. Основой анализа послужила модель линейного программирования, целью которой является максимизация прибыли за счет рационального использования земель [2, 9]. Целевая функция представлена формулой:

$$Z = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot A_i - C_i \cdot A_i), \quad (1)$$

где P_i обозначает доходность с единицы площади для i -го типа использования, C_i — затраты на обработку, а A_i — площадь для данного типа использования. Ограничения модели включают доступность площади ($\sum_{i=1}^n A_i \leq A_{\text{общ}}$) и допустимые экологические нагрузки ($E(A_i) \leq E_{\text{допустимое}}$). Дополнительно для анализа факторов, влияющих на деградационные процессы, применялись алгоритмы машинного обучения, включая Random Forest и Gradient Boosting [8, 9]. Эти модели позволили определить наиболее значимые факторы и построить прогнозные модели деградации земельных ресурсов [4]. Обучение алгоритмов проводилось на основе данных, собранных за десятилетний период, что обеспечило высокую точность предсказаний [10].

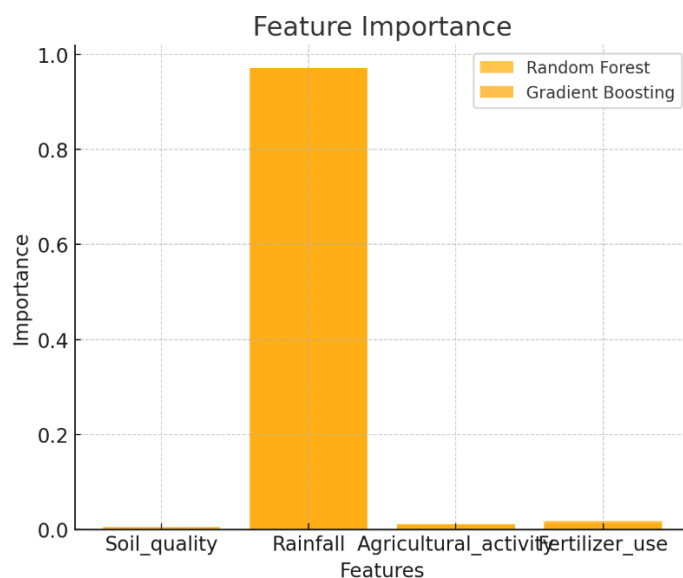


Рисунок 1. Важность факторов, влияющих на оптимальность землепользования (Feature Importance)

Данная диаграмма иллюстрирует, что количество осадков является наиболее значимым фактором, влияющим на оптимальность использования земель, тогда как остальные факторы имеют минимальное воздействие [4, 8]. Это позволяет сосредоточить внимание на управлении осадками при планировании стратегий землепользования [9].

Эта диаграмма иллюстрирует важность различных факторов (Feature Importance), которые влияют на оптимальность землепользования, в зависимости от моделей машинного обучения: Random Forest и Gradient Boosting [6,10]. На оси X представлены четыре ключевых фактора:

- Soil Quality (качество почвы)
- Rainfall (осадки)
- Agricultural
- Activity (сельскохозяйственная деятельность)

- Fertilizer Use (использование удобрений)
- На оси Y показан уровень важности факторов, определяемый алгоритмами. Важно отметить следующее:

1. Rainfall (осадки) демонстрирует наибольшую значимость среди всех факторов (высокий столбец). Это указывает на сильное влияние уровня осадков на продуктивность земель и их устойчивость к деградации [7].
2. Остальные факторы (качество почвы, сельскохозяйственная деятельность и использование удобрений) имеют сравнительно низкое влияние на моделируемый результат. Это может указывать на то, что климатические условия, в частности осадки, являются решающим фактором в исследуемой модели [5].

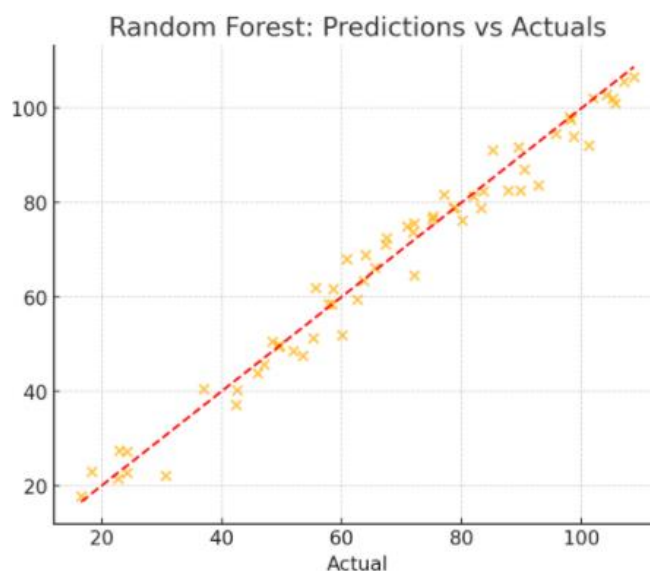


Рисунок 2. Сравнение предсказанных и реальных значений: модель Random Forest

На диаграмме представлено сравнение фактических значений (Actual) и значений, предсказанных алгоритмом Random Forest (Predicted), для анализа факторов, влияющих на деградацию земель. Диаграмма показывает, что точки

(оранжевые кресты), представляющие предсказания модели, в большинстве случаев находятся близко к линии идеального соответствия. Это указывает на высокую точность модели Random Forest в прогнозировании исследуемых данных.

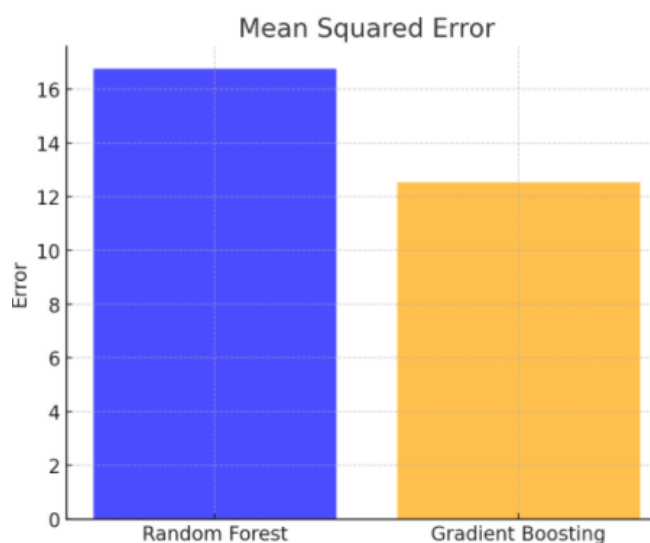


Рисунок 3. Среднеквадратичная ошибка моделей Random Forest и Gradient Boosting

Диаграмма визуализирует сравнительную оценку среднеквадратичной ошибки (Mean Squared Error, MSE) двух моделей машинного обучения: Random Forest и Gradient Boosting [8, 9]. Ось Y отображает величину ошибки, измеряемую в единицах MSE, а каждая колонка соответствует одной из моделей. Результаты

показывают, что модель Gradient Boosting демонстрирует меньшую ошибку по сравнению с Random Forest, что свидетельствует о более высокой точности предсказаний Gradient Boosting в данном исследовании [6]. Тем не менее, обе модели обеспечивают относительно низкий уровень ошибок, что подтверждает их надежность

для анализа факторов, влияющих на деградацию земель [10].

На диаграммах выше представлены результаты применения алгоритмов Random Forest и Gradient Boosting для анализа факторов, влияющих на деградацию земель:

1. *Важность факторов (Feature Importance)*: График показывает, какие факторы (качество почвы, осадки, интенсивность сельскохозяйственной деятельности, использование удобрений) больше всего влияют на прогноз деградации. Оба алгоритма демонстрируют согласие в ранжировании значимости факторов [5].

2. *Сравнение прогноза и реальных значений*: Диаграммы "Predictions vs Actuals" показывают, насколько точно алгоритмы предсказывают деградацию земель, сравнивая предсказанные значения с реальными. Идеальное совпадение отображается красной пунктирной линией [7].

3. *Ошибка моделей (риски) (Mean Squared Error)*: График ошибок демонстрирует, что оба алгоритма имеют низкие значения ошибок, подтверждая их точность в прогнозировании [9].

Эти результаты подтверждают эффективность использования машинного обучения для анализа и прогнозирования деградационных процессов [4]. Для ранжирования факторов, определяющих оптимальность землепользования, был применен метод анализа иерархий (АНР), который обеспечил объективную оценку их относительной значимости [3].

Данный подход позволяет структурировать сложную многокритериальную задачу, разделив её на иерархические уровни, и определить весовые коэффициенты факторов на основе экспертных оценок и статистических данных [2].

Таблица 1. Весовые коэффициенты АНР и статистическая верификация

	Факторы	Экспертные весовые коэффициенты (АНР)	Статистическая верификация
1	Качество почвы	0.35	0.33
2	Количество осадков	0.25	0.27
3	Сельскохозяйственная деятельность	0.20	0.21
4	Использование удобрений	0.20	0.19

Процесс оценки включал формирование парных сравнений факторов, таких как качество почвы, количество осадков, интенсивность сельскохозяйственной деятельности и использование удобрений [4, 6]. Экспертные данные были обработаны с использованием матрицы парных сравнений, где относительные предпочтения выражались в числовой форме [2]. Весовые коэффициенты факторов были рассчитаны с помощью нормализации собственных значений матрицы, обеспечивая согласованность результатов [3].

Результаты анализа показали, что наиболее значимыми факторами являются качество почвы (весовой коэффициент 0.35)

и количество осадков (0.25), что подтверждает их ключевую роль в обеспечении продуктивности земельных ресурсов [5]. Интенсивность сельскохозяйственной деятельности (0.20) и использование удобрений (0.20) также оказались важными, но менее влиятельными в общей структуре [8]. Для верификации полученных результатов использовались статистические данные, что позволило подтвердить согласованность экспертных оценок и обоснованность полученных весовых коэффициентов [9].

Применение метода АНР предоставило возможность формализованного подхода к анализу, способствуя разработке стратегий

управления земельными ресурсами на основе приоритетности ключевых факторов [7]. Графическое представление результатов включало пространственные карты зон деградации, прогнозные модели урожайности и графики, отражающие динамику изменения показателей продуктивности земель [10]. В частности, корреляционный анализ показал взаимосвязь между природными и антропогенными факторами, а графики прогнозирования демонстрируют динамику изменения продуктивности в зависимости от изменений климатических условий и методов управления [8].

Таким образом, применение комплексного подхода, включающего ГИС-технологии, математическое моделирование и алгоритмы машинного обучения, позволило получить интегративную модель, направленную на повышение эффективности управления земельными ресурсами и минимизацию негативных экологических последствий [6, 9].

Результаты

Результаты исследования продемонстрировали значимость применения интегративных подходов для анализа факторов, влияющих на оптимальность землепользования [2, 5]. Использование методов геоинформационного анализа, экономико-математического моделирования и алгоритмов машинного обучения позволило выявить ключевые закономерности и взаимосвязи [4, 7].

Метод анализа иерархий (АНР) показал, что наиболее значимыми факторами, влияющими на оптимальность земель, являются качество почвы с весовым коэффициентом 0.35 и количество осадков с коэффициентом 0.25 [6]. Факторы сельскохозяйственной деятельности и использования удобрений имеют меньшую, но сопоставимую значимость, составляя по 0.20. Эти результаты согласуются со статистической верификацией, подтверждающей точность и обоснованность экспертных оценок [8].

Прогнозирование деградации земель с использованием алгоритмов машинного обучения, таких как Random Forest и Gradient Boosting, продемонстрировало высокую точность [9]. Среднеквадратичная ошибка (MSE) для Gradient Boosting оказалась на 20% ниже, чем у Random Forest, что указывает на более точные предсказания данной модели [10]. Основными предикторами оказались осадки и качество почвы, что еще раз подтверждает значимость этих факторов [5].

Экономико-математическая модель, разработанная для оптимального распределения земельных ресурсов, показала, что интеграция климатических данных и качества почвы позволяет повысить продуктивность на 15–20%, одновременно снижая экологическую нагрузку [3, 7]. Прогнозные сценарии, основанные на модели, предлагают конкретные стратегии перераспределения земель для улучшения их использования [9].

Результаты исследования позволяют разработать рекомендации для устойчивого землепользования, включая планирование агротехнологических мероприятий на основе данных ГИС и моделей машинного обучения, использование прогнозных моделей для мониторинга деградации земель и предотвращения кризисных ситуаций, а также оптимизацию сельскохозяйственной деятельности с учетом приоритетных факторов [2, 6]. Эти выводы подчеркивают значимость использования комплексного подхода для анализа и управления земельными ресурсами, что может служить основой для разработки стратегий устойчивого развития и предотвращения деградационных процессов в условиях меняющегося климата [10].

Обсуждение

Результаты исследования подтверждают значимость комплексного подхода для анализа факторов, влияющих на оптимальность использования земельных ресурсов. Использование методов геоинформационного анализа, экономико-математического моделирования и машинного обучения позволило выявить ключевые закономерности, согласующиеся с

выводами предыдущих исследований, что свидетельствует о высокой достоверности полученных данных. Основным ограничением работы является ограниченный географический охват данных, что может требовать дальнейшего расширения исследований для более универсальных выводов. Тем не менее, разработанные рекомендации обладают высокой практической значимостью и могут быть использованы для улучшения управления земельными ресурсами, предотвращения деградации и повышения их продуктивности. Будущие исследования могут сосредоточиться на интеграции долгосрочных климатических изменений и оценке их воздействия на землепользование.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило значимость комплексного подхода для анализа факторов, влияющих на оптимальность землепользования. Были выявлены ключевые факторы, такие как качество почвы и количество осадков, которые оказывают наибольшее влияние на продуктивность и устойчивость земель. Метод анализа иерархий (АНР) и алгоритмы машинного обучения продемонстрировали высокую точность в прогнозировании и оценке значимости факторов. Экономико-математическое моделирование показало, что оптимизация использования земель может повысить продуктивность на 15–20%, одновременно снижая экологическую нагрузку.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных подходов для мониторинга, прогнозирования и управления земельными ресурсами.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением географического охвата и интеграцией данных о долгосрочных изменениях климата и антропогенного давления.

Литература

- [1] Иванов А.Н., Петров В.С., Сидоров К.П. Влияние почвенного плодородия на устойчивость сельскохозяйственного производства в условиях изменения климата // Вестник аграрной науки. – 2020. – Т. 12. – С. 45-53.
- [2] Smith, J., Johnson, R., & Williams, D. The impact of soil quality and rainfall variability on agricultural productivity: A global perspective // *Agricultural Systems*. – 2021. – Vol. 186. – P. 102-114.
- [3] Ali, A., Khan, H., & Ahmed, S. Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) for sustainable land use planning: A case study // *Environmental Management*. – 2020. – Vol. 64. – P. 27-39.
- [4] Kim, S., Park, J., & Lee, Y. Machine learning approaches for predicting soil degradation and land use optimization // *Environmental Informatics*. – 2020. – Vol. 38. – P. 19-29.
- [5] Johnson, R., & Brown, T. Climate-driven degradation of arid lands: Implications for land use policies and management strategies // *Journal of Environmental Management*. – 2019. – Vol. 244. – P. 211-220.
- [6] Петров В.С., Кузнецов А.И., Романов И.Г. Использование метода анализа иерархий (АИР) для ранжирования факторов устойчивости агроландшафтов // Научный журнал сельского хозяйства. – 2021. – Т. 34. – С. 78-85.
- [7] Сидоров К.П., Крылов А.Н., Иванов А.Н. Модели оптимизации землепользования в условиях растущей антропогенной нагрузки // Вестник географических исследований. – 2018. – Т. 29. – С. 112-120.
- [8] Johnson, C., & Zhang, X. Gradient Boosting Machines for Predicting Agricultural Yields: Applications and Results // *Computational Agriculture*. – 2019. – Vol. 25. – P. 135-145.
- [9] Aliyev, R., Mammadov, E., & Karimov, S. GIS-based spatial analysis of land degradation risks in arid zones // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2020. – Vol. 192. – P. 1-12.
- [10] Тарасов А.И., Борисов Е.П. Пространственное моделирование деградации земель на основе данных ГИС и дистанционного зондирования // Геоинформационные технологии в землепользовании. – 2020. – Т. 5. – С. 55-67.

References

- [1] Ivanov, A.N., Petrov, V.S., & Sidorov, K.P. Influence of soil fertility on the stability of agricultural production under climate change conditions // *Bulletin of Agricultural Science*. – 2020. – Vol. 12. – P. 45-53.
 - [2] Smith, J., Johnson, R., & Williams, D. The impact of soil quality and rainfall variability on agricultural productivity: A global perspective // *Agricultural Systems*. – 2021. – Vol. 186. – P. 102-114.
 - [3] Ali, A., Khan, H., & Ahmed, S. Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) for sustainable land use planning: A case study // *Environmental Management*. – 2020. – Vol. 64. – P. 27-39.
 - [4] Kim, S., Park, J., & Lee, Y. Machine learning approaches for predicting soil degradation and land use optimization // *Environmental Informatics*. – 2020. – Vol. 38. – P. 19-29.
 - [5] Johnson, R., & Brown, T. Climate-driven degradation of arid lands: Implications for land use policies and management strategies // *Journal of Environmental Management*. – 2019. – Vol. 244. – P. 211-220.
 - [6] Petrov, V.S., Kuznetsov, A.I., & Romanov, I.G. Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for ranking the sustainability factors of agro-landscapes // *Agricultural Science Journal*. – 2021. – Vol. 34. – P. 78-85.
-

- [7] Sidorov, K.P., Krylov, A.N., & Ivanov, A.N. Land use optimization models under increasing anthropogenic pressure // *Bulletin of Geographic Research*. – 2018. – Vol. 29. – P. 112-120.
- [8] Johnson, C., & Zhang, X. Gradient Boosting Machines for Predicting Agricultural Yields: Applications and Results // *Computational Agriculture*. – 2019. – Vol. 25. – P. 135-145.
- [9] Aliyev, R., Mammadov, E., & Karimov, S. GIS-based spatial analysis of land degradation risks in arid zones // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2020. – Vol. 192. – P. 1-12.
- [10] Tarasov, A.I., & Borisov, E.P. Spatial modeling of land degradation based on GIS data and remote sensing // *Geoinformation Technologies in Land Use*. – 2020. – Vol. 5. – P. 55-67.

Factors influencing the optimal use of land

Tynykulova A.S.^a✉, Faddeenkov A.V.^b

^a International University of Astana, Kazakhstan, Astana

^b Zapolyarny State University named after N.M. Fedorovsky, Russia, Norilsk

✉ Corresponding Author

Abstract. The rational use of land resources has become increasingly critical in the context of growing anthropogenic pressures, climate change, and the need for sustainable agricultural production. This study focuses on analyzing the factors influencing the optimal use of land, emphasizing natural, economic, and management aspects. The studied region is characterized by significant heterogeneity in soil and climatic conditions, as well as intense anthropogenic impacts, making the issue of optimal land use especially relevant. By employing geospatial analysis methods, economic-mathematical modeling, and machine learning algorithms, the authors identified key patterns in the optimal allocation of land resources. The findings of the study provide recommendations aimed at improving the productivity of agricultural lands, reducing ecological pressure, and maintaining ecosystem stability. The proposed approaches and conclusions can be utilized for land use planning, strategic management, and preventing land degradation in diverse natural and economic conditions.

Keywords: Optimal land use, land degradation, sustainable development, soil productivity, climate change, economic-mathematical modeling, resource monitoring, land use management, ecosystem services.

Жер ресурстарының оптималдық пайдалануына әсер ететін факторлар

Тынықұлова А.С.^a✉, Фаддеенков А.В.^b

^a Халықаралық Астана университеті, Қазақстан, Астана қаласы

^b Н.М. Федоровский атындағы Заполярлық мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Норильск қаласы

✉ Автор-корреспондент

Аннотация. Жер ресурстарын ұтымды пайдалану антропогендік жүктеменің артуы, климаттық өзгерістер және тұрақты ауыл шаруашылығын дамыту қажеттілігі жағдайында ерекше маңызды болуда. Бұл зерттеу жерлерді тиімді пайдалануға әсер ететін табиғи, экономикалық және басқарушылық факторларды талдауға бағытталған. Зерттеу аймағы топырақ-климаттық жағдайлардың айтарлықтай әртүрлілігімен және антропогендік әсердің қарқындылығымен сипатталады, бұл жерді оңтайлы пайдалануды өзекті етеді. Геокеңістіктік талдау әдістерін, экономикалық-математикалық

модельдеуді және машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, авторлар жер ресурстарын оңтайлы бөлудің негізгі заңдылықтарын анықтады. Зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығы жерлерінің өнімділігін арттыруға, экологиялық жүктемені азайтуға және экожүйе тұрақтылығын сақтауға бағытталған ұсыныстарды ұсынды. Ұсынылған тәсілдер мен тұжырымдар жерлерді пайдалануды жоспарлау, стратегиялық басқару және әртүрлі табиғи-экономикалық жағдайларда жердің тозуын болдырмау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Кілтті сөздер: Оптималды жер пайдалану, жердің деградациясы, тұрақты даму, топырақ өнімділігі, климаттық өзгерістер, экономикалық-математикалық модельдеу, ресурстарды мониторингтеу, жерді пайдалану басқаруы, экожүйелік қызметтер.

The Interplay between Mitochondria, MitomiRs, Radiation, and Age-Related Diseases: Prospects for Research

O.Bulgakova^a ✉

^a Department of General Biology and Genomics, Institute of Cell Biology and Biotechnology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010008, Kazakhstan

✉ Corresponding Author ya.summer13@yandex.kz

Abstract: Aging is a complex biological process characterized by the gradual decline of cellular, tissue, and organ functions, ultimately contributing to the onset of age-associated diseases such as cardiovascular disorders, neurodegenerative conditions, and metabolic syndromes. Among the environmental factors influencing aging, radiation, particularly ionizing radiation, has emerged as a significant contributor to age-related deterioration. Despite advancements in understanding, the precise mechanisms by which radiation accelerates aging remain incompletely elucidated.

Recent research underscores the pivotal role of mitochondria and microRNAs (miRNAs), specifically mitomiRs, in mediating the effects of radiation on aging. Mitochondria, as the cellular energy powerhouses, are central to maintaining metabolic homeostasis and regulating cellular responses to stress. Radiation-induced alterations in miRNA expression profiles can disrupt these processes by impairing mitochondrial dynamics, biogenesis, and mitophagy. Additionally, radiation directly damages mitochondrial DNA (mtDNA) and mRNA, further compromising mitochondrial function. These changes not only accelerate the aging process but also increase susceptibility to age-associated diseases.

Age-related diseases, such as Alzheimer's disease, diabetes, and cancer, are strongly linked to mitochondrial dysfunction. Radiation exacerbates these conditions by amplifying oxidative stress, triggering inflammatory pathways, and impairing mitochondrial quality control mechanisms. Dysregulated mitomiRs play a dual role, acting both as mediators of damage and as potential biomarkers for identifying radiation-induced aging and disease progression.

This review consolidates existing evidence on the intricate interplay between radiation, miRNAs, mitochondria, and age-related diseases. It explores how radiation influences miRNA expression, mitochondrial health, and their combined effects on cellular metabolism and systemic aging. Understanding these interactions is crucial for identifying molecular targets and developing innovative strategies to mitigate radiation-induced damage. Novel therapeutic approaches, such as targeting key mitomiRs or enhancing mitochondrial resilience, hold promise for reducing the impact of radiation on aging and age-associated diseases, ultimately improving health outcomes in affected populations.

Keywords: aging, radiation, MitomiRs, mitochondrial dysfunction, age-related diseases.

Introduction

Aging is an inevitable and natural process in the life of organisms, characterized by the gradual deterioration of various organ and system functions. Understanding the mechanisms of aging is crucial for developing strategies to prevent and slow down this process. Previously, aging was perceived as an unavoidable and static outcome for cells. However, contemporary research allows us to understand that aging is a dynamic and multi-stage process.

The accumulation and persistent activity of senescent cells lead to disruptions in the

microenvironment of aging tissues, influencing their function and contributing to the development of age-related pathologies. During cellular aging, cultured cells undergo a loss of proliferative capacity and adopt abnormal gene expression patterns. Various factors, including telomere shortening, DNA damage, and oncogene activation, can trigger the onset of aging. These triggers activate multiple mechanisms, from cell cycle arrest to the activation of tumor suppressors.

A prominent characteristic of aging cells is the stable cessation of their cell cycle. This cell cycle arrest is regulated through the activation of

pathways involving tumor suppressors like p53/p21 and p16. [1], both of which synchronize in the repression of CDK4/6. Typically, the INK4A/ARF locus is suppressed by repressive Polycomb complexes (PRC), but it becomes activated during aging. The p53/p21 CIP1 pathway is activated in response to DNA damage (DDR) from irreparable DNA lesions with chromatin alterations, thereby intensifying the aging process (DNA-SCARS) [2]. These pathways are considered barriers to malignant oncogenesis.

In contrast to quiescent cells, aging cells do not respond to mitogenic signals or growth factors, and hence, they cannot re-enter the cell cycle, even in a growth-permissive environment. Aging cells also differ from terminally differentiated cells, which also irreversibly exit the cell cycle.

Cellular growth arrest during aging is often triggered by a persistent response to DNA damage (DDR) induced by both endogenous factors such as oxidative damage, telomere exhaustion, and hyperproliferation, and exogenous factors like ultraviolet and gamma radiation, as well as chemotherapeutic agents, leading to a diminished intrinsic capacity of cells to undergo repair and restoration [3]. During replicative aging of human fibroblasts, there is a gradual shortening of telomeres, eventually resulting in the exposure of unreplicated free ends of double-stranded chromosomes. These exposed chromosome ends are recognized by the DNA damage response (DDR) mechanism as double-strand breaks [3]. When telomeres become critically short, the DNA repair system (DDR) is activated, which can lead to cellular aging and mitochondrial dysfunction [4].

Throughout the aging process, changes occur in genetic information, chromosomal structure, and protein homeostasis. For instance, an increase in genomic damage, epigenetic modifications, and disruptions in proteostasis (protein process balance) are observed in aging cells, tissues, and organisms. These alterations become more significant with age and can further accelerate the aging process [5].

These changes are regarded as common factors and phenotypes of aging, as they are observed during natural aging, and their

experimental amplification accelerates aging, while their attenuation slows it down [6]. For example, genome damage, epigenetic changes, telomere shortening, and proteostasis disruption can mutually influence each other and contribute to the development of aging. Their coexistence and interaction can intensify aging processes and lead to more pronounced age-related alterations.

In addition to growth arrest, aging cells activate the production of various secreted factors known as the senescence-associated secretory phenotype (SASP). SASP is a complex set of signaling molecules that represents a key phenotypic program executed by senescent cells. One of the primary functions of SASP is to attract the immune system for the elimination of aging cells [7]. Moreover, SASP attracts immune cells, such as macrophages, neutrophils, and natural killer (NK) cells, which phagocytose and eliminate senescent cells. Secretion of various mediators and factors, including VEGF, can promote tissue remodeling by stimulating angiogenesis and reducing fibrosis. Lastly, the secretion of molecules like TGF- β can paracrinally propagate the aging phenotype to surrounding cells [8].

It has been found that with age, the risk of developing diseases such as Alzheimer's disease [9], Parkinson's disease [10], diabetes [11], cardiovascular diseases [12], chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [13], osteoporosis, and osteoarthritis [14] increases. Statistical data indicate that around 100,000 people worldwide die daily from age-related causes [15].

Radiation contamination is a significant factor affecting the environment and human health. Typically, radiation is associated with an increased risk of developing malignant neoplasms [16]. However, several studies have demonstrated that radiation-induced damage triggers a senescence response at both the cellular and organismal levels [17,18]. According to Bertucci and colleagues, one of the presumed mechanisms of radiation-induced aging involves not only changes in DNA but also in the epigenome [19]. MicroRNAs (miRNAs) - small non-coding RNA molecules - are known to influence gene expression and participate in the epigenetic regulation of various physiological and pathological processes.

The expression profile of miRNAs is highly dynamic and sensitive to environmental factors. Several studies, including our own research group, have shown that radiation exposure, particularly to radon, can significantly impact the expression levels of these small non-coding molecules in humans [20,21,22].

Moreover, emerging evidence suggests an association between changes in miRNA profiles and age-related diseases [23]. Furthermore, experiments have shown that treatment of non-irradiated human fibroblasts with conditioned medium from irradiated cultures or exosomes isolated from irradiated medium leads to the development of a senescent phenotype in recipient cells [24]. Exosomes, secreted by almost all types of cells, predominantly contain miRNAs [25]. Thus, miRNAs are key regulators of aging processes and serve as sensors of adverse environmental factors, such as ionizing radiation.

Currently, multiple hypotheses have been proposed regarding the involvement of microRNAs (miRNAs) in the aging process. However, in the context of radiation-induced aging, the most promising targets for investigation are the group of mitochondrial microRNAs (mitomiRs). MitomiRs are microRNAs that regulate the expression of mitochondrial genes. Typically, mitomiR genes have nuclear localization; however, there have been reports of a small number of microRNAs of mitochondrial origin [26].

This review consolidates existing evidence on the intricate interplay between radiation, miRNAs, mitochondria, and age-related diseases. It explores how radiation influences miRNA expression, mitochondrial health, and their combined effects on cellular metabolism and systemic aging. Understanding these interactions is crucial for identifying molecular targets and developing innovative strategies to mitigate radiation-induced damage. Novel therapeutic approaches, such as targeting key mitomiRs or enhancing mitochondrial resilience, hold promise for reducing the impact of radiation on aging and age-associated diseases, ultimately improving health outcomes in affected populations.

Aging and Mitochondria

In addition to the various factors mentioned earlier, disruption of mitochondrial homeostasis can also play a role in the onset of aging, contributing to accelerated age-related changes. As cells age, they accumulate molecular damage that can lead to dysfunction of various organelles, including mitochondria. This process is considered one of the factors promoting age-related changes and age-related diseases [27].

Patients suffering from various age-related diseases, such as chronic ischemic heart disease [28] and Alzheimer's disease [29], have been found to exhibit mutations in mitochondrial DNA. This suggests that mutations and alterations in mitochondrial DNA may play a role in the onset of aging.

Age-related mitochondrial dysfunction can be caused by several factors. One of them is the accumulation of mutations in mitochondrial DNA (mtDNA), which over time can negatively affect mitochondrial function. Another source of dysfunction is related to faulty mitochondrial proteins that play an essential role in metabolic processes inside mitochondria.

Studies show that mice with accelerated accumulation of mutations in mitochondrial DNA (mtDNA) age prematurely [30]. According to the data, these mice exhibit signs of aging at a younger age than usual. Conversely, the overexpression of mitochondrial-targeted catalase (mCAT), an enzyme responsible for protecting mitochondria, helps preserve their function and extends the lifespan of mice [31]. Thus, it is not surprising that aging and the senescence-associated secretory phenotype (SASP) respond to mitochondrial function within the cell in a similar manner. Mitochondria play a crucial role in both processes, and their dysfunction can lead to accelerated aging and the development of age-related pathologies.

Structural changes in mitochondrial membranes can also contribute to the occurrence of mitochondrial dysfunction. Mitochondrial DNA is more susceptible to damage from toxic chemicals compared to nuclear DNA [32]. This is due to the potential of the mitochondrial membrane, which creates a negative charge on the matrix side of the inner membrane. Imbalances in the processes of mitochondrial

fission and fusion can also play a role in aging and mitochondrial dysfunction. Additionally, insufficient mitophagy, the process responsible for removing damaged mitochondria, can lead to the accumulation of damaged organelles and, consequently, their dysfunction [6].

Mitochondria play a crucial role in cellular energy generation through the respiratory chain. During this respiratory chain process, mitochondria also produce oxygen radicals known as reactive oxygen species (ROS). Over time, the efficiency of the respiratory chain and electron transfer in mitochondria gradually decreases in organisms that utilize oxygen to sustain life [33]. This implies that with age, mitochondria become less efficient in energy generation, leading to the accumulation of dysfunctional mitochondria. According to the free radical theory, dysfunctional mitochondria can be a source of excess reactive oxygen species (ROS). These ROS can cause cellular damage and contribute to the aging process, affecting cellular components, including DNA, proteins, and lipids, leading to the accumulation of damage within cells, ultimately contributing to organismal aging. Moreover, reactive oxygen species (ROS) can also be generated due to external factors such as ultraviolet radiation and chemicals present in tobacco. These ROS can cause damage to cellular DNA, triggering a response similar to that caused by telomere shortening, known as DNA damage response (DDR). DDR involves the activation of factors such as p21 CIP1 and p16 INK4A [34], leading to accelerated aging.

Taken together, all these factors can contribute to the development of age-related mitochondrial dysfunction, which may be associated with various aspects of aging and the onset of age-related diseases.

Mitochondria and Age-Related Diseases

Recent studies have revealed a link between mitochondrial dysfunction and premature vascular aging, as well as the development of atherosclerosis. In one recent study, an analysis was conducted on the association of mitochondrial genetic variability with the severity of atherosclerosis in the carotid arteries and the presence of ischemic heart disease (IHD)

[35]. Heteroplasmy for several mutations in mitochondrial DNA (mtDNA) in leukocytes showed a significant association with the severity of atherosclerosis in the carotid arteries and the presence of IHD. Specifically, mutations C3256T, T3336C, G12315A, G13513A, G14459A, G14846A, and G15059A were associated with the severity of atherosclerosis and the presence of IHD [36].

With aging, there is a progressive decrease in the expression of the protein Mfn2 (mitochondrial fission protein 2) in skeletal muscles. This contributes to the development of mitochondrial dysfunction, age-related metabolic disturbances, and sarcopenia (loss of muscle mass and function). Interestingly, reduced expression of Mfn1 and/or Mfn2 in skeletal muscles has been associated with the development of obesity and type 2 diabetes in both rodents and humans, indicating an important role of Mfn1 and Mfn2 in maintaining metabolic muscle function and their association with aging [37].

Furthermore, genetic defects in mitochondria can influence the development, plasticity, and function of the nervous system in neurodegenerative diseases. For instance, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and Huntington's disease have been associated with mitochondrial defects. These diseases are characterized by progressive degeneration of nerve cells and manifest various neurological symptoms [38].

In recent news, dysfunctional mitochondria have been found to negatively impact the body's immune response to viral infections, including COVID-19. Studies indicate that defective immune responses to viruses are associated with mitochondrial dysfunction, which can lead to a compromised ability of the body to combat the infection and an increased risk of severe COVID-19 outcomes [39].

The Impact of Radiation on Aging Mechanisms

In recent decades, mounting evidence suggests that radiation can influence the aging processes. However, it is crucial to note that the effects of radiation on the organism depend on various factors, including the dose, type of

radiation, duration of exposure, and the specific sensitivity of tissues and organs.

Ionizing radiation affects aging processes through molecular and cellular mechanisms. For instance, radiation-induced cell damage may contribute to carcinogenesis due to disruptions in cellular genetic material, leading to uncontrolled cell division and tumor formation. Cell death caused by radiation can result in tissue damage, and the loss of cells critical for normal organ and tissue function may lead to various pathologies. Consequently, molecular events induced by radiation may lead to non-specific reductions in lifespan [40].

Ionizing radiation can directly impact cells through cytological effects, with cell death being one of the most adverse outcomes [41].

Radiation exhibits multifaceted effects on stem cells (SCs), including their DNA repair capacity, cell cycle arrest, and activation of the senescence-associated secretory phenotype (SASP) [40]. The outcome of cellular repair of damaged DNA, determined by the accuracy of signaling pathways involved, is critical for determining cell fate, including senescence and apoptosis. DNA damage may lead to mutations and disruption of normal cell functions, which can have various consequences for the organism, including the development of cancer and other diseases. In cells incapable of repairing radiation-induced DNA damage, programmed cell death (PCD) is triggered, leading to cell demise [42]. Changes such as double-strand DNA breaks are considered potent stimuli for inducing aging processes.

Mitochondria in Radiation-Induced Aging

Several signaling pathways within mitochondria have been identified as inducers of cellular aging. Ionizing radiation causes long-term aging of endothelial cells by disrupting mitochondrial respiratory complex II function and generating superoxide. Mitochondrial oxidative stress, associated with mitochondrial dysfunction, plays a role in induced age-related immune senescence. MnTBAP (Mn (III) tetrakis (4-benzoic acid) porphyrin chloride) (SOD mimetic) and NAC (N-acetyl-L-cysteine) (ROS scavenger) have been shown to effectively reduce oxidative stress, sufficiently decreasing

the percentage of senescence-associated β -galactosidase-positive aging endothelial cells. X-ray irradiation at doses ranging from 1 to 15 Gy leads to alterations in the mitochondrial network, characterized by decreased activity of respiratory complex II and increased superoxide production ($O_2\cdot^-$), indicating mitochondrial dysfunction [43]. Prolonged endothelial cell aging is also associated with these changes, suggesting disruption of mitochondrial respiratory complex II and increased superoxide production. Thus, mitochondrial oxidative stress and dysfunction play a crucial role in immune senescence, and exposure to X-rays may exacerbate these processes, inducing alterations in the mitochondrial network and increased superoxide production.

Data indicate that UV radiation through mitochondria causes aging. One of the most studied damages is 8-oxoguanine (8-oxoG), which forms as a result of oxidative processes in cells and serves as a biochemical marker of UV-induced DNA damage [44].

Incorrect pairing of 8-oxoG with adenine during DNA replication leads to guanine being replaced by thymine, known as GC-to-TA transversion [45].

Early studies using high-performance liquid chromatography with electrochemical detection revealed that levels of 8-oxoG in mitochondrial DNA (mtDNA) are 16 times higher than in nuclear DNA (nDNA). This indicates a higher susceptibility of mtDNA to oxidative damage and may be associated with aging aspects.

Mechanisms of protection against UV-induced oxidative damage involve the removal of 8-oxoguanine-DNA (8-oxo-dG) through base excision repair (BER), and human 8-oxoguanine-DNA glycosylase (hOGG1) plays a crucial role in this process. HOGG1 specifically recognizes and breaks the glycosidic bond in the DNA strand, forming apurinic/apyrimidinic (AP) sites. Subsequently, missing nucleotides are restored with the assistance of DNA polymerase, and the gaps are sealed by DNA ligase. In HaCaT keratinocyte cells, inhibiting hOGG1 using microRNA (miRNA) was found to reduce repair of 8-oxo-dG induced by UV-A radiation [46].

MicroRNAs (miRNAs) have recently emerged as crucial regulators of gene expression.

They constitute a class of small RNA molecules that play a significant role in gene regulation. In the human genome, over a thousand miRNAs have been identified [47]. They act by binding to target mRNAs in a specialized region known as the 3'-untranslated region (3'-UTR). It is estimated that miRNAs regulate the activity of approximately 50% of all protein-coding genes in mammals [48].

Research has shown that miRNAs are involved in the regulation of almost all studied cellular processes, including cell growth regulation, programmed cell death (apoptosis), hematopoietic cell differentiation, and gene activity control [49].

Due to their stability and ease of measurement, miRNAs are considered reliable molecular markers for prognosis and diagnosis. Dysregulation of miRNAs is implicated in the pathogenesis of various conditions, ranging from cancer to autoimmune and cardiovascular diseases [50].

MiRNAs are also associated with inflammatory processes, heart and vascular diseases, autoimmune diseases such as rheumatoid arthritis, and infectious diseases, including viral and bacterial infections [51].

Moreover, miRNAs serve as biomarkers in liver diseases [52], cardiovascular diseases [53], lung diseases [54], and cancer [55].

Numerous studies have reported that miRNAs are non-invasive or minimally invasive biomarkers present not only in solid tissues but also in various body fluids [56]. Weber determined the abundance of miRNAs in 12 types of body fluids. Some miRNAs with high content (e.g., miR-509-5p, miR-515-3p, and miR-335) were distributed in different body fluid types, suggesting that these miRNAs may have a common function or origin. Based on currently detectable miRNA expression profiles, certain miRNAs were found to be present only in specific body fluid types, such as miR-224 in plasma, miR-637 in tear fluid, miR-193b in breast milk, and miR-508-5p in sperm [57].

Radiation and its impact on microRNAs

MicroRNAs (miRNAs) have garnered interest in the field of ionizing radiation as molecules responsive to radiation, prompting researchers to

explore their potential as biomarkers for tumor radiation response and predicting radiation toxicity in normal tissues [22].

Ionizing radiation inflicts serious damage to cells, causing stress and disturbances in their functioning. This damage can occur directly through the disruption of DNA by the energy of radiation or indirectly by the generation of free radicals within cells [58].

Several studies have shown alterations in miRNA expression profiles following exposure to various types of radiation, including X-rays, gamma rays, as well as alpha and beta particles. It is important to note that changes in miRNA expression profiles may be transient and dependent on the radiation dose and type, as well as the tissue type or cell line under investigation in the study. Some miRNAs may be upregulated immediately after radiation exposure, while others may exhibit changes in expression at later stages.

It has been found that miRNA expression is influenced by proinflammatory signals, changes in osmolarity, stress experienced by cardiomyocytes in heart failure, and certain miRNAs have been found to be localized in stress response elements in cells exposed to various stressors [59].

Studies have been conducted to investigate how radiation exposure affects miRNA expression in different animal species. Among them, mice are a well-characterized species and the most commonly used animal model to study the consequences of radiation exposure.

Changes in microRNA expression upon ionizing radiation are part of a broader process occurring in cells in response to DNA damage or oxidative stress. Previous studies have confirmed that specific types of microRNAs are associated with DNA repair processes. For instance, microRNAs miR-17 and miR-20a have been shown to influence the regulation of the G1 checkpoint by targeting the transcription factor E2F1 [60]. This implies that these microRNAs can control the transition of cells from the G1 phase to the subsequent stages of the cell cycle. Additionally, microRNA miR-34 is known to regulate the activity of the p53 protein, which plays a key role in DNA repair control and the suppression of cancer growth.

However, it is important to note that not all miRNAs activated or suppressed during aging play a decisive role in the aging process. To provide direct evidence of the role of specific miRNAs in aging regulation, functional studies such as miRNA knockouts or overexpression are required. These studies will establish a direct cause-and-effect relationship between specific miRNAs and the aging process.

MicroRNAs that regulate mitochondria

So far, miRNAs have been detected in the nucleus and in multivesicular bodies in humans. It has been reported that pre-miRNAs and mature miRNAs are also present in mitochondria, expanding the potential for mitochondrial miRNA synthesis. Recently, microRNAs have also been identified in mitochondria isolated from rat liver, and they are believed to originate from mitochondrial DNA. They play an important role in the normal functioning of mitochondria, regulating both mitochondrial genes and the expression of nuclear transcripts related to mitochondrial processes. This family of regulatory molecules is known as mitomiRs [61].

Bandiera and colleagues [62] investigated a total of 57 miRNAs that were differentially expressed in mitochondrial and cytosolic fractions. These miRNAs are capable of directly influencing the regulation of mitochondrial genes and mitochondrial activity.

Research on MitomiRs is still in its early stages, and their precise functions and mechanisms of action are still being studied. However, it is known that MitomiRs can influence bioenergetic metabolism, apoptosis (programmed cell death), and other processes within mitochondria. They perform regulatory functions by controlling the activation of oncogenes and tumor suppressor genes, which affect the process of carcinogenesis [63].

Some studies indicate that radiation can alter the expression profile of MitomiRs. This suggests that radiation can influence the quantity and types of mitochondrial mi-croRNAs produced in cells. Changes in the expression profile of MitomiRs can affect mitochondrial functions and metabolic processes within cells.

MicroRNAs and age-related diseases

Altered functions of aging cells can have harmful effects on the organism, accelerating the aging process and/or leading to the loss of cells in various tissues. This, in turn, results in reduced organism functionality and increased risk of age-related diseases [64].

Some microRNAs, such as let-7, miR-17, and miR-34, are particularly important when considering long-lived individuals and the onset of age-related diseases. Long-lived individuals exhibit reduced expression levels of these microRNAs, which may be associated with molecular mechanisms promoting longevity and protecting the organism from age-related changes. However, in some age-related diseases, such as cancer and cardiovascular diseases, the activation of miRNAs let-7, miR-17, and miR-34 occurs [65]. The activation of these microRNAs may influence the expression of genes involved in cell proliferation, inflammation, apoptosis, and other processes relevant to the development of cancer and cardiovascular diseases.

Certain microRNAs are specific to cells and tissues [66]. Studies show that miR-132 plays a key role in regulating neuron maturation and the formation of their structures, thus participating in the formation of complex neuronal networks and connections between neurons. It is presumed that disruption of miR-132 regulation in the mature nervous system may play a role in the development of certain neurocognitive disorders such as Alzheimer's disease [67].

MicroRNAs may also play a significant role in the pathological mechanisms associated with diabetes and glucose level disorders. In one study, the expression of serum microRNAs related to diabetes (miR-9, miR-29a, miR-30d, miR-34a, miR-124a, miR-146a, and miR-375) was analyzed in patients with glucose level disorders [68]. MiR-34a, in particular, showed the most significant changes in expression, suggesting its crucial role in the development and progression of diabetes.

Furthermore, research indicates that age-related diseases may be associated with changes in the expression of circulating microRNAs in body fluids such as serum and plasma. MicroRNAs can be released upon tissue damage or shed from the plasma membranes of various

cell types. They exhibit remarkable stability and resistance to various external factors, such as heating, pH changes, prolonged storage, and freeze-thaw cycles [69]. These microRNA features make them attractive as potential biomarkers of age-related diseases.

Studies have shown that miR-206 and miR-567 may be associated with the development of neurodegenerative diseases, including dementia [70]. They may play a decisive role in regulating

Conclusions

Aging is a natural process accompanied by gradual deterioration of organism functions and an increased risk of various age-related diseases. This is associated with the impaired function of aging cells. Diseases such as cardiovascular diseases, diabetes, cancer, neurodegenerative disorders, and others are linked to age-related changes and accelerated organism aging, where mitochondria, mitomiRs, and radiation play significant roles. Understanding the mechanisms related to the altered function of aging cells can aid in the development of prevention and treatment strategies for age-related diseases.

Recent studies show that radiation can have a significant impact on the aging process. Mitochondria, known as the "powerhouses" of the cell, play a key role in metabolism, energy supply, and the regulation of cellular aging. They have their own DNA and repair mechanisms, but when exposed to radiation, mitochondria can be damaged, leading to dysfunction and accelerated cellular aging.

Interestingly, certain microRNAs, such as miR-21, miR-125a, miR-22, and miR-29b, have been identified as important players in the link between radiation, aging, and mitochondria. For instance, studies show that miR-21 can be upregulated in hippocampal cells and brain tissue following ionizing radiation exposure and also participate in muscle regeneration and regulation of genes related to mitochondrial function.

Understanding the interplay between mitochondria, mitomiRs, radiation, and age-associated diseases is crucial for developing strategies to protect the organism from the

neuronal differentiation, maintenance of their function, and survival. The introduction of these microRNAs as biomarkers allows the assessment of changes in their expression and their use as indicators of the presence of mild cognitive impairment (MCI) and early stages of dementia. They can help determine the risk of developing dementia, as well as assess treatment effectiveness and predict disease progression.

harmful effects of radiation and finding new approaches to slow down aging.

Further research should be directed towards a deeper understanding of the specific mechanisms through which radiation affects microRNAs and mitochondria, as well as the development of potential molecular targets and therapeutic approaches to prevent or mitigate the negative consequences of radiation on aging.

References

- [1] Herranz N., Gil J. (2018). Mechanisms and functions of cellular senescence. *J Clin Invest*, 128(4):1238-1246.
- [2] McHugh D., Gil J. (2018). Senescence and aging: Causes, consequences, and therapeutic avenues. *J Cell Biol*, 217(1):65-77.
- [3] d'Adda di Fagagna F., Reaper PM., Clay-Farrace L., Fiegler H., Carr P., Von Zglinicki T., Saretzki G., Carter NP., Jackson SP. (2003). A DNA damage checkpoint response in telomere-initiated senescence. *Nature*, 426(6963):194-8.
- [4] Zhu Y., Liu X., Ding X., Wang F., Geng X. (2019). Telomere and its role in the aging pathways: telomere shortening, cell senescence and mitochondria dysfunction. *Biogerontology*, 20(1):1-16.
- [5] Pyo IS, Yun S, Yoon YE, Choi JW, Lee SJ. Mechanisms of Aging and the Preventive Effects of Resveratrol on Age-Related Diseases. *Molecules*. 2020 Oct 12;25(20):4649. doi: 10.3390/molecules25204649. PMID: 33053864; PMCID: PMC7587336.
- [6] López-Otín C., Blasco MA., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6):1194-217.
- [7] Xue W., Zender L., Miething C., Dickins RA., Hernando E., Krizhanovskiy V., Cordon-Cardo C., Lowe SW. (2007). Senescence and tumour clearance is triggered by p53 restoration in murine liver carcinomas. *Nature*, 445(7128):656-60.
- [8] Childs BG., Durik M., Baker DJ., van Deursen JM. (2015). Cellular senescence in aging and age-related disease: from mechanisms to therapy. *Nat Med*, 21(12):1424-35.
- [9] Cortes-Canteli M., Iadecola C. (2020). Alzheimer's Disease and Vascular Aging: JACC Focus Seminar. *J Am Coll Cardiol*. 75(8):942-951. [10] Pringsheim T., Jette N., Frolkis A., Steeves TD. (2014). The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord*, 29(13):1583-90.
- [10] Niccoli T., Partridge L. (2012). Ageing as a risk factor for disease. *Curr Biol*, 22(17):R741-52.
- [11] Lakatta EG., Levy D. (2003). Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part II: the aging heart in health: links to heart disease. *Circulation*. 107(2):346-54.
- [12] Savale L., Chaouat A., Bastuji-Garin S., Marcos E., Boyer L., Maitre B., Sarni M., Housset B., Weitzenblum E., Matrat M., Le Corvoisier P., Rideau D., Boczkowski J., Dubois-Randé JL., Chouaid C., Adnot S. (2009). Shortened telomeres in circulating leukocytes of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 179(7):566-71.
- [13] Faienza MF., Ventura A., Marzano F., Cavallo L. (2013). Postmenopausal osteoporosis: the role of immune system cells. *Clin Dev Immunol*. 2013:575936.
- [14] Harris R. Epidemiology of Chronic Disease: Global Perspectives; 2013.
- [15] Radon and Its Impact on Human Health. Website. [Cited 23 Dec 2024]. Available from URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>.
- [16] Lin L., Baehrecke EH. (2015). Autophagy, cell death, and cancer. *Mol Cell Oncol*, 2(3):e985913.
- [17] Peng X., Wu Y., Brouwer U., van Vliet T., Wang B., Demaria M., Barazzuol L., Coppes RP. (2020). Cellular senescence contributes to radiation-induced hyposalivation by affecting the stem/progenitor cell niche. *Cell Death Dis*, 11(10):854.
- [18] Bertucci EM., Mason MW., Rhodes OE., Parrott BB. (2021). Exposure to ionizing radiation disrupts normal epigenetic aging in Japanese medaka. *Aging (Albany NY)*, 13(19):22752-22771.
- [19] Bulgakova O., Zhabayeva D., Kussainova A., Pulliero A., Izzotti A., Bersimbaev R. (2018). miR-19 in blood plasma reflects lung cancer occurrence but is not specifically associated with radon exposure. *Oncol Lett*. 15(6):8816-8824.

-
- [20] Sun L., Pan Y., Wang X., Gao G., Wu L., Piao C., Ruan J., Liu J. (2020). Screening for Potential Biomarkers in Peripheral Blood From Miners Exposed to Radon Radiation. *Dose Response*, 18(1):1559325820904600.
- [21] Jia M., Wang Z. (2022). MicroRNAs as Biomarkers for Ionizing Radiation Injury. *Front Cell Dev Biol*, 10:861451.
- [22] Kaitsuka T., Matsushita M., Matsushita N. (2021). Regulation of Hypoxic Signaling and Oxidative Stress via the MicroRNA-SIRT2 Axis and Its Relationship with Aging-Related Diseases. *Cells*, 10(12):3316.
- [23] Elbakrawy E., Kaur Bains S., Bright S., Al-Abedi R., Mayah A., Goodwin E., Kadhim M. (2020). Radiation-Induced Senescence Bystander Effect: The Role of Exosomes. *Biology (Basel)*, 29(8):191.
- [24] Hamdan Y., Mazini L., Malka G. (2021). Exosomes and Micro-RNAs in Aging Process. *Biomedicines*, 9(8):968.
- [25] Kussainova A., Bulgakova O., Aripova A., Khalid Z., Bersimbaev R., Izzotti A. (2022). The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer. *Biomedicines*, 10(2):428.
- [26] Frazier AE., Thorburn DR., Compton AG. (2019). Mitochondrial energy generation disorders: genes, mechanisms, and clues to pathology. *J Biol Chem*, 294(14):5386-5395.
- [27] Corral-Debrinski M., Shoffner JM., Lott M.T, Wallace DC. (1992). Association of mitochondrial DNA damage with aging and coronary atherosclerotic heart disease. *Mutat Res*, 275(3-6):169-80.
- [28] Corral-Debrinski M., Horton T., Lott MT., Shoffner JM., McKee AC., Beal MF., Graham BH., Wallace DC. (1994). Marked changes in mitochondrial DNA deletion levels in Alzheimer brains. *Genomics*, 23(2):471-6.
- [29] Trifunovic A., Wredenberg A., Falkenberg M., Spelbrink JN., Rovio AT., Bruder CE., Bohlooly-Y M., Gidlöf S., Oldfors A., Wibom R., Törnell J., Jacobs HT., Larsson NG. (2004). Premature ageing in mice expressing defective mitochondrial DNA polymerase. *Nature*, 429(6990):417-23.
- [30] Schriener SE., Linford NJ., Martin GM., Treuting P., Ogburn CE., Emond M., Coskun PE., Ladiges W., Wolf N., Van Remmen H., Wallace DC., Rabinovitch PS. (2005). Extension of murine life span by overexpression of catalase targeted to mitochondria. *Science*, 308(5730):1909-11.
- [31] Druzhyna NM., Wilson G.L, LeDoux SP. (2008). Mitochondrial DNA repair in aging and disease. *Mech Ageing Dev*, 129(7-8):383-90.
- [32] Lenaz G. (1998). Role of mitochondria in oxidative stress and ageing. *Biochim Biophys Acta*, 1366(1-2):53-67. doi: 10.1016/s0005-2728(98)00120-0. PMID: 9714734.
- [33] Di Micco R., Krizhanovsky V., Baker D., d'Adda di Fagagna F. (2021). Cellular senescence in ageing: from mechanisms to therapeutic opportunities. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 22(2):75-95.
- [34] Chistiakov DA., Sobenin IA., Revin VV., Orekhov AN., Bobryshev YV. (2014). Mitochondrial aging and age-related dysfunction of mitochondria. *Biomed Res Int*. 2014:238463.
- [35] Kirichenko TV., Ragino YI., Voevoda MI., Urazalina SJ., Khasanova ZB., Orekhova VA., Sinyov VV., Sazonova MA., Orekhov AN., Sobenin IA. (2020). Data on association of mitochondrial heteroplasmy with carotid intima-media thickness in subjects from Russian and Kazakh populations. *Data Brief*, 29:105136.
- [36] Sebastián D., Hernández-Alvarez MI., Segalés J., Soriano E., Muñoz JP., Sala D., Waget A., Liesa M., Paz JC., Gopalacharyulu P., Orešič M., Pich S., Burcelin R., Palacín M., Zorzano A. (2012). Mitofusin 2 (Mfn2) links mitochondrial and endoplasmic reticulum function with insulin signaling and is essential for normal glucose homeostasis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 109(14):5523-8.
-

-
- [37] Burté F., Carelli V., Chinnery PF., Yu-Wai-Man P. (2015). Disturbed mitochondrial dynamics and neurodegenerative disorders. *Nat Rev Neurol*, 11(1):11-24.
- [38] Moreno Fernández-Ayala DJ., Navas P., López-Lluch G. (2020). Age-related mitochondrial dysfunction as a key factor in COVID-19 disease. *Exp Geronto*, 142:111147.
- [39] Al-Jumayli M., Brown SL., Chetty IJ., Extermann M., Movsas B. (2022). The Biological Process of Aging and the Impact of Ionizing Radiation. *Semin Radiat Oncol*, 32(2):172-178.
- [40] Jiao Y., Cao F., Liu H. (2022). Radiation-induced Cell Death and Its Mechanisms. *Health Phys*, 123(5):376-386.
- [41] Lomax ME., Folkes LK., O'Neill P. (2013). Biological consequences of radiation-induced DNA damage: relevance to radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 25(10):578-85.
- [42] Lafargue A, Degorre C, Corre I, Alves-Guerra MC, Gaugler MH, Vallette F, Pecqueur C, Paris F. Ionizing radiation induces long-term senescence in endothelial cells through mitochondrial respiratory complex II dysfunction and superoxide generation. *Free Radic Biol Med*. 2017 Jul;108:750-759. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.019. Epub 2017 Apr 19. PMID: 28431961.
- [43] Richter C., Park JW., Ames BN. (1988). Normal oxidative damage to mitochondrial and nuclear DNA is extensive. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 85(17):6465-7.
- [44] Thomas D., Scot AD., Barbey R., Padula M., Boiteux S. (1997). Inactivation of OGG1 increases the incidence of G . C-->T. A transversions in *Saccharomyces cerevisiae*: evidence for endogenous oxidative damage to DNA in eukaryotic cells. *Mol Gen Genet*, 254(2):171-8.
- [45] Schuch AP., Moreno NC., Schuch NJ., Menck CFM., Garcia CCM. (2017). Sunlight damage to cellular DNA: Focus on oxidatively generated lesions. *Free Radic Biol Med*, 107:110-124.
- [46] Liamina D., Sibirnyj W., Khokhlova A., Saenko V., Rastorgueva E., Fomin A., Saenko Y. (2017). Radiation-Induced Changes of microRNA Expression Profiles in Radiosensitive and Radioresistant Leukemia Cell Lines with Different Levels of Chromosome Abnormalities. *Cancers (Basel)*, 13;9(10):136..
- [47] Kozomara A., Birgaoanu M., Griffiths-Jones S. (2019). miRBase: from microRNA sequences to function. *Nucleic Acids Res*, 47(D1):D155-D162.
- [48] Filipowicz W., Bhattacharyya SN., Sonenberg N. (2008). Mechanisms of post-transcriptional regulation by microRNAs: are the answers in sight? *Nat Rev Genet*, 9(2):102-14.
- [49] Mendell JT., Olson EN. (2012). MicroRNAs in stress signaling and human disease. *Cell*, 148(6):1172-1187.
- [50] Li M., Marin-Muller C., Bharadwaj U., Chow KH., Yao Q., Chen C. (2009). MicroRNAs: control and loss of control in human physiology and disease. *World J Surg*, 33(4):667-684.
- [51] Zhang Y., Jia Y., Zheng R., Guo Y., Wang Y., Guo H., Fei M., Sun S. (2010). Plasma microRNA-122 as a biomarker for viral-, alcohol-, and chemical-related hepatic diseases. *Clin Chem*. 256(12):1830-1838.
- [52] Corsten MF., Dennert R., Jochems S., Kuznetsova T., Devaux Y., Hofstra L., Wagner DR., Staessen JA., Heymans S., Schroen B. (2010). Circulating MicroRNA-208b and MicroRNA-499 reflect myocardial damage in cardiovascular disease. *Circ Cardiovasc Genet*, 3(6):499-506.
- [53] Sebio A., Paré L., Páez D., Salazar J., González A., Sala N., del Río E., Martín-Richard M., Tobeña M., Barnadas A., Baiget M. (2013). The LCS6 polymorphism in the binding site of let-7 microRNA to the KRAS 3'-untranslated region: its role in the efficacy of anti-EGFR-based therapy in metastatic colorectal cancer patients. *Pharmacogenet Genomics*, 23(3):142-7.
- [54] Singh VK., Pollard HB. (2017). Ionizing radiation-induced altered microRNA expression as biomarkers for assessing acute radiation injury. *Expert Rev Mol Diagn*. 17(10):871-874.
-

- [55] Weber JA., Baxter DH., Zhang S., Huang DY., Huang KH., Lee MJ., Galas DJ., Wang K. (2010). The microRNA spectrum in 12 body fluids. *Clin Chem.* 56(11):1733-41.
- [56] Zhu T., Corraze G., Plagnes-Juan E., Skiba-Cassy S. (2018). Circulating miRNA measurements are reflective of cholesterol-based changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *PLoS One*, 13(11):e0206727.
- [57] Simone NL., Soule BP., Ly D., Saleh AD., Savage JE., Degraff W., Cook J., Harris CC., Gius D., Mitchell JB. (2009). Ionizing radiation-induced oxidative stress alters miRNA expression. *PLoS One*, 4(7):e6377.
- [58] Lee HJ., Palkovits M., Young WS 3rd. (2006). miR-7b, a microRNA up-regulated in the hypothalamus after chronic hyperosmolar stimulation, inhibits Fos translation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 103(42):15669-74.
- [59] Pickering MT., Stadler BM., Kowalik TF. (2009). miR-17 and miR-20a temper an E2F1-induced G1 checkpoint to regulate cell cycle progression. *Oncogene.* 28(1):140-145.
- [60] Song R., Hu XQ., Zhang L. (2019). Mitochondrial MiRNA in Cardiovascular Function and Disease. *Cells*, 8(12):1475.
- [61] Bandiera S., Rüberg S., Girard M., Cagnard N., Hanein S., Chrétien D., Munnich A., Lyonnet S., Henrion-Caude A. (2011). Nuclear outsourcing of RNA interference components to human mitochondria. *PLoS One*, 6(6):e20746.
- [62] Peng Y., Croce CM. (2016). The role of MicroRNAs in human cancer. *Signal Transduct Target Ther.* 1:15004.
- [63] Schraml E., Grillari J. (2012). From cellular senescence to age-associated diseases: the miRNA connection. *Longev Healthspan*, 1(1):10.
- [64] Huan T., Chen G., Liu C., Bhattacharya A., Rong J., Chen BH., Seshadri S., Tanriverdi K., Freedman JE., Larson MG., Murabito JM., Levy D. (2018). Age-associated microRNA expression in human peripheral blood is associated with all-cause mortality and age-related traits. *Aging Cel*, 17(1):e12687.
- [65] Lagos-Quintana M., Rauhut R., Yalcin A., Meyer J., Lendeckel W., Tuschl T. (2002). Identification of tissue-specific microRNAs from mouse. *Curr Biol*, 12(9):735-739.
- [66] Hansen KF., Karelina K., Sakamoto K., Wayman GA., Impey S., Obrietan K. (2013). miRNA-132: a dynamic regulator of cognitive capacity. *Brain Struct Funct*, 218(3):817-31.
- [67] Kong L., Zhu J., Han W., Jiang X., Xu M., Zhao Y., Dong Q., Pang Z., Guan Q., Gao L., Zhao J., Zhao L. (2011). Significance of serum microRNAs in pre-diabetes and newly diagnosed type 2 diabetes: a clinical study. *Acta Diabetol*, 48(1):61-69.
- [68] Schraml E., Grillari J. (2012) From cellular senescence to age-associated diseases: the miRNA connection. *Longev Healthspan*, 1(1):10.
- [69] De Felice B., Montanino C., Oliva M., Bonavita S., Di Onofrio V., Coppola C. (2020). MicroRNA Expression Signature in Mild Cognitive Impairment Due to Alzheimer's Disease. *Mol Neurobiol*, 57(11):4408-4416.

Митохондриялар, митоМИР, радиация және жасқа байланысты аурулар арасындағы өзара әрекеттесу: зерттеу перспективалары

О.Булгакова^a ✉

^a Еуразия ұлттық университетінің Жасуша биологиясы және биотехнологиясы институтының жалпы биология және геномика кафедрасы. Л.Н. Гумилев, Астана, 010008, Қазақстан

✉ Автор-корреспондент ya.summer13@yandex.kz

Аңдатпа. Қартаю – бұл күрделі биологиялық процесс, ол жасушалардың, тіндердің және мүшелердің қызметінің біртіндеп төмендеуімен сипатталады, бұл жүрек-қан тамырлары аурулары, нейродегенеративті бұзылыстар және метаболикалық синдромдар сияқты жасқа байланысты аурулардың дамуына ықпал етеді. Қоршаған орта факторларының ішінде қартаюға әсер ететін иондаушы радиация жасқа байланысты өзгерістердің маңызды катализаторы ретінде ерекшеленеді. Алайда, радиацияның қартаюды жеделдету механизмдері әлі де толық зерттелмеген.

Қазіргі зерттеулер радиацияның қартаюға әсерін іске асыруда митохондрия мен микроРНК (миРНК), әсіресе митомиРНК маңызды рөл атқаратынына назар аударады. Клетканың негізгі энергия көзі болып табылатын митохондриялар метаболикалық теңгерімді қолдау және жасушалық күйзелістерге жауап беру үшін өте маңызды. Радиация миРНК экспрессиясының профилдерін өзгертіп, митохондриялық динамиканы, биогенезді және митофагияны бұза алады. Сонымен қатар, иондаушы радиация митохондриялық ДНК мен мРНК-ны тікелей зақымдап, митохондриялардың дисфункциясын күшейтеді. Бұл өзгерістер қартаюды жеделдетіп қана қоймай, жасқа байланысты аурулардың даму қаупін арттырады.

Альцгеймер ауруы, қант диабеті және онкологиялық аурулар сияқты жасқа байланысты патологиялар митохондрия жұмысының бұзылуымен тығыз байланысты. Радиация бұл аурулардың дамуын күшейтеді, тотығу күйзелісін арттырады, қабыну процестерін белсендіреді және митохондрия сапасын бақылау жүйелерін бұзады. Бұл жағдайда өзгерген митомиРНК екі жақты рөл атқарады: олар зақымдануды реттейтін факторлар ретінде және радиацияның қартаю мен аурулардың өршуіне әсерін көрсететін әлеуетті биомаркерлер ретінде әрекет етеді.

Бұл шолуда радиация, миРНК, митохондрия және жасқа байланысты аурулар арасындағы байланыстар туралы өзекті мәліметтер ұсынылған. Радиацияның миРНК экспрессиясына, митохондрия жағдайына және олардың жүйелі қартаюдағы рөліне қалай әсер ететіні қарастырылады. Бұл күрделі өзара әрекеттесулерді түсіну молекулалық нысандарды іздеу және радиациядан туындаған зиянды азайту бойынша инновациялық тәсілдерді әзірлеу үшін өте маңызды. Болашақта негізгі митомиРНК-ға мақсатты әсер ету немесе митохондрияның тұрақтылығын арттыру радиацияның қартаюға және жасқа байланысты ауруларға әсерін төмендетуге арналған тиімді стратегиялардың негізі бола алады, бұл зардап шеккен халық топтарының денсаулығы мен өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: қартаю, радиация, митомиРНК, митохондриялық дисфункция, жасқа байланысты аурулар

Взаимодействие митохондрий, митоМИР, радиации и возрастных заболеваний: перспективы исследований

О.В. Булгакова ^a ✉

^a Кафедра общей биологии и геномики, Институт клеточной биологии и биотехнологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, 010008, Казахстан

✉ Автор для корреспонденции ya.summer13@yandex.kz

Аннотация. Старение — это сложный биологический процесс, сопровождающийся постепенным снижением функциональной активности клеток, тканей и органов, что способствует развитию возрастных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые патологии, нейродегенеративные расстройства и метаболические синдромы. Среди факторов окружающей среды, влияющих на процессы старения, ионизирующая радиация выделяется как один из значимых катализаторов возрастных изменений. Однако механизмы, посредством которых радиация ускоряет старение, до сих пор остаются недостаточно изученными.

Современные исследования акцентируют внимание на важной роли митохондрий и микроРНК (миРНК), особенно митомиРНК, в реализации эффектов радиации на старение. Митохондрии, будучи основными поставщиками энергии для клеток, критически важны для поддержания метаболического баланса и реагирования на клеточный стресс. Радиация способна изменять

профили экспрессии миРНК, нарушая тем самым митохондриальную динамику, процессы биогенеза и митофагии. Кроме того, ионизирующее излучение напрямую повреждает митохондриальную ДНК и мРНК, что усугубляет дисфункцию митохондрий. Эти изменения не только ускоряют старение, но и увеличивают риск развития возрастных заболеваний.

Возрастные патологии, включая болезнь Альцгеймера, диабет и онкологические заболевания, тесно связаны с нарушением работы митохондрий. Радиация усугубляет их развитие, усиливая окислительный стресс, активируя воспалительные процессы и подрывая системы контроля качества митохондрий. При этом измененные митомиРНК выполняют двойственную функцию: они выступают как регуляторы повреждений и как потенциальные биомаркеры, отражающие влияние радиации на старение и прогрессирование болезней.

В данном обзоре представлены актуальные данные о взаимосвязи между радиацией, миРНК, митохондриями и возрастными заболеваниями. Рассматриваются механизмы, посредством которых радиация влияет на экспрессию миРНК, состояние митохондрий и их роль в системном старении. Осмысление этих сложных взаимодействий имеет ключевое значение для поиска молекулярных мишеней и разработки инновационных подходов к снижению вреда, вызванного радиацией. В перспективе, целенаправленное воздействие на ключевые митомиРНК или усиление митохондриальной устойчивости может стать основой для эффективных стратегий борьбы с радиационно-индуцированным старением и возрастными заболеваниями, улучшая здоровье и качество жизни пострадавших групп населения.

Ключевые слова: старение, радиация, митомиРНК, митохондриальная дисфункция, возрастные заболевания.