

International Science Group

ISG-KONF.COM

XVI

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE
«DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS:
PROBLEMS OF THEIR USE AND ACHIEVEMENTS»**

Hamburg, Germany

April 21-24, 2026

ISBN 979-8-90214-549-3

DOI 10.46299/ISG.2026.1.16

DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND ACHIEVEMENTS

Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference

Hamburg, Germany
April 21-24, 2026

UDC 01.1

The 16th International scientific and practical conference “Digital technologies and developments: problems of their use and achievements” (April 21-24, 2026) Hamburg, Germany. International Science Group. 2026. 233 p.

ISBN – 979-8-90214-549-3

DOI – 10.46299/ISG.2026.1.16

EDITORIAL BOARD

<u>Pluzhnik Elena</u>	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
<u>Liudmyla Polyvana</u>	Department of accounting, Audit and Taxation, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
<u>Mushenyk Iryna</u>	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
<u>Prudka Liudmyla</u>	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
<u>Marchenko Dmytro</u>	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
<u>Harchenko Roman</u>	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
<u>Belei Svitlana</u>	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
<u>Lidiya Parashchuk</u>	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
<u>Levon Mariia</u>	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
<u>Hubal Halyna</u> <u>Mykolaiivna</u>	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

TABLE OF CONTENTS

ART		
1.	Zholdasbek G.A. THE CULTURAL INTEGRATIVE SIGNIFICANCE OF INTERNATIONAL SYMPOSIA IN WORLD FINE ARTS (ON THE EXAMPLE OF COOPERATION AMONG ARTISTS FROM TURKIC-SPEAKING COUNTRIES)	9
AVIATION AND SPACE TECHNOLOGY		
2.	Pryimak L. MATHEMATICAL MODELING AND RELIABILITY ASSESSMENT OF AIRPORT GROUND SUPPORT EQUIPMENT	16
BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY		
3.	Asgarli T. INFLUENCE OF IRON IONS AND NANOPARTICLES ON THE ZETA POTENTIAL OF ERYTHROCYTE MEMBRANES	20
4.	Bakhishova R. ANALYSIS OF HYSTERESIS PHENOMENA AND THE DEPENDENCE OF SURFACE PRESSURE AND ELASTICITY MODULUS ON CYCLIC COMPRESSION-EXPANSION IN HSA MONOLAYERS	23
CHEMISTRY		
5.	Koshchii I., Klimko Y. ALDEHYDES, KETONES AND AMINES WITH CAGE FRAGMENT IN SYNTHESIS OF AMIDE ALKYLING AGENTS	25
COMPUTER SCIENCE		
6.	Fedun V. EXPLAINABLE AI IN MOBILE HEALTHCARE APPLICATIONS: BUILDING USER TRUST THROUGH TRANSPARENT DECISION-MAKING	28
7.	Gvaladze M. AI-BASED HYBRID APPROACH FOR 2D RECONSTRUCTION OF FRAGMENTED ARCHAEOLOGICAL ARTIFACTS	34
8.	Gvaladze M. SYNTHETIC DATASET GENERATION AND PREPROCESSING TECHNIQUES FOR 2D ARTIFACT RECONSTRUCTION	38

9.	Kryvenko O. DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORK-BASED CHATBOTS: IMPLEMENTATION FEATURES AND CHALLENGES	42
10.	Zahorodnia A., Tymofiiiev I., Molchanova M., Mazurets O. FORMALIZATION OF FABRIC RECYCLING METHODS DEPENDING ON RAW MATERIAL COMPOSITION FOR INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS.	44
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING		
11.	Burda Y. ADVANCED MODELLING OF THERMAL STRATIFICATION DYNAMICS AND BUOYANCY-DRIVEN TRANSPORT IN DISPLACEMENT VENTILATION FOR CLEANROOM APPLICATIONS	49
CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
12.	Зубенко С.О. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАГРОЗ	54
13.	Черниш Ю.О., Терещенко Т.П. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ І ВРАЗЛИВОСТЕЙ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	56
DENTISTRY		
14.	Korniichuk O. PRIMING OF THE PREVENTION OF DAMAGE TO THE TEETH PULP AFTER DENTAL PREPARATION	60
ECONOMICS		
15.	Рац О.М., Ключкова Є.С. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МИТНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ: АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ І ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ	63
EDUCATION		
16.	Guliyeva M. ETHICAL AND ACADEMIC INTEGRITY ISSUES IN THE USE OF AI TOOLS IN CHEMISTRY EDUCATION	67
17.	Korniichuk O. DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF INTERN DOCTORS AT THE FACULTY OF POSTGRADUATE EDUCATION: PROBLEMS AND SOLUTIONS	69

18.	Гоцинець І.Л., Пукайло Ю.М. DIDAKTISCHE POTENZIAL DEUTSCHSPRACHIGER ONLINE-MEDIEN BEIM LESEUNTERRICHT	73
19.	Міхєєв А.О. ВІДПОВІДНІСТЬ САМООЦІНКИ СХИЛЬНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ДО ЇХ ОБРАНОЇ ПРОФЕСІЇ	76
20.	Шевців Г.М., Сліпко С.Р. METHODISCHE ASPEKTE DES EINSATZES VON GAMIFICATION IM DEUTSCHUNTERRICHT	82
FOOD TECHNOLOGIES		
21.	Baranovskyi Y., Iegorov B. CHARACTERISTICS OF INGREDIENTS AND VARIATIONS OF THEIR CONTENT IN THE STRUCTURE OF PREMIXES	85
22.	Bondar B., Niemirich O., Yushchenko N. PROTEIN-VITAMIN COCKTAILS AS AN ELEMENT OF THE KETOGENIC DIET	88
23.	Макаринська А.В., Козак О.А., Ворона Н.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКІВ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ КОМАХ	94
24.	Огуй Я. ПЕРСОНАЛІЗОВАНІ КОНЦЕПЦІЇ ХАРЧУВАННЯ ЯК ОСНОВА НУТРИТИВНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я	97
HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS AND CATERING		
25.	Karpova I., Ivanova N., Kramarenko D., Hirenko N., Vykadordova N. STRATEGIC IMPLEMENTATION OF ECO-DESIGN AS A FACTOR IN RESTAURANT INDUSTRY COMPETITIVENESS	100
INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES		
26.	Скутар І.Д., Юрченко О.І. РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ НА БАЗІ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	104

27.	Фратавчан Т., Івасюк Г., Бринзан А. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ "EDUFLOW" НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ RAG ТА СУЧАСНОГО СТЕКУ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ	108
LAW		
28.	Khoptynskyi A., Bondarenko-Zelinska N. MEDIATIONSINSTRUMENTE ZUR STEIGERUNG DER EFFIZIENZ DER STRAFVERFOLGUNGSBEHÖRDEN	111
29.	Бугайчук К.Л. АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ: ПОНЯТТЯ ТА ОСНОВНІ ОЗНАКИ	114
30.	Лозинський Ю.Р. ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДОЗВІЛЬНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ	117
31.	Скляр Н.В. ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ЄДИНОГО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ РЕЧОВИХ ПРАВ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО ТА ІНШИХ РЕЄСТРІВ: ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПОСВІДЧЕННЯ ПРАВОЧИНІВ ПРО ВІДЧУЖЕННЯ	119
32.	Скляр Н.В. ОСОБЛИВОСТІ НОТАРІАЛЬНОГО ПОСВІДЧЕННЯ ПРАВОЧИНІВ З ВІДЧУЖЕННЯ НЕРУХОМОГО МАЙНА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ: ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ КЕП ТА РЕЄСТРІВ	124
LINGUISTICS		
33.	Хоменко Т.А. ГЕРМАНО-КЕЛЬТСЬКІ ІЗОГЛОСИ У СФЕРІ ПРАВА	128
MANAGEMENT		
34.	Лазар К. АДАПТАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІНИХ СТРУКТУР ДО ВИКЛИКІВ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ	130
35.	Неделько А.Ю. ЯК ШІ ЗМІНЮЄ ЛОГІСТИЧНІ МЕРЕЖІ: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРАКТИЧНІ ЕФЕКТИ	135

MATHEMATICS		
36.	Шарай Н.В., Самкова Г.Е., Нікуліна О.Ю. АНАЛІТИЧНІ РОЗВ'ЯЗКИ СИНГУЛЯРНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ У КОМПЛЕКСНІЙ ОБЛАСТІ	140
MEDICINE		
37.	Aibatillayeva O.S. CUTANEOUS CLUES TO EARLY HIV INFECTION: DIAGNOSTIC VALUE OF DERMATOLOGICAL MANIFESTATIONS	143
38.	Bagdatova Z.B., Daneshova G.A., Darmenova K.S., Talkiyeva D.Z., Teslya V. APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ANALYSIS OF CARDIAC IMAGING (CT/MRI)	150
39.	Baimussa A.S., Ongarbek A.K., Sabir M.B., Saken A.Z., Yorkinzhanov A. RETINAL MICROVASCULAR CHANGES IN ARTERIAL HYPERTENSION AS A NON-INVASIVE BIOMARKER OF CARDIOVASCULAR RISK STRATIFICATION	158
40.	Kairgali R.S., Kozhantayeva A.K., Kydyrkhanova A.N., Yelamanova A., Zholdybayev S.T. RESTORATION OF FACIAL SYMMETRY AFTER TRAUMA: THE ROLE OF COMBINED MAXILLOFACIAL AND PLASTIC SURGICAL TECHNIQUES	165
41.	Khotimska Y., Lavreniuk Y., Buniatian K., Kucherenko O., Khotimskiy B. THE RELATIONSHIP BETWEEN CLINICAL AND PATHOGENETIC FEATURES OF CHRONIC DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT AND DISORDERS IN THE HARD TISSUES OF TEETH AND PERIODONTIUM	172
42.	Koishyman A., Mironenko A.S., Tangzharyk K.M., Tlepova N., Tulepbai A.Z. REGIONAL AND GENERAL ANESTHESIA IN MAJOR SURGERY: IMPACT ON RECOVERY AND COMPLICATIONS	177
43.	Kovach I., Vlad M., Khotimska Y. GENERAL CHARACTERISTICS OF DENTAL MORBIDITY IN CHILDREN WITH SPECIAL NEEDS	184

44.	Nogay S.L., Aitkaliyeva M.R., Mukhammedinov A.E., Niftaliyeva K.T., Sakhiyeva D.A. CARDIAC INVOLVEMENT IN HEMATOLOGICAL TUMORS: MECHANISMS, CLINICAL MANIFESTATIONS, AND PROGNOSTIC SIGNIFICANCE	189
45.	Slonetskyi B., Verbitskiy I., Slonetskyi I., Yaremchuk M. ОКРЕМІ АСПЕКТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ У ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ПОВЕДЕННЯ ПРОГРАМОВАНИХ РЕЛАПАРОТОМІЙ	197
MINING AND OIL AND GAS TECHNOLOGIES		
46.	Макаров В.М. НАПРЯМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ В УКРАЇНІ	201
PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS		
47.	Адеєва О.В., Єфімов Г.О., Чебан В.Ф., Соколов В.І. ОЗДОРОВЧІ ХОДЬБА ТА БІГ ЯК ЕФЕКТИВНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ	205
PSYCHOLOGY		
48.	Кондес Т., Хлисту́н Я. ПСИХОЛОГІЧНІ ВІДМІННОСТІ У ЦІННІСНИХ ОРІЄНТАЦІЯХ ІНТЕРНАЛІВ ТА ЕКСТЕРНАЛІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА	210
PUBLIC ADMINISTRATION AND MANAGEMENT		
49.	Кукляк Р.І. АСИМЕТРІЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ КОМУНІКАЦІЙ І КІБЕРБЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ: РИЗИКИ ДЛЯ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ	216
SOFTWARE ENGINEERING		
50.	Kolodiichuk V., Kolodiichuk O. PROGRAMMING A DECISION-SUPPORT WEB PLATFORM FOR GRAIN LOGISTICS CHAIN MANAGEMENT UNDER WARTIME CONDITIONS	219
TRANSPORT		
51.	Алексе́йчук Б.М. КОРЕКТНІСТЬ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ СУДНА	223

THE CULTURAL INTEGRATIVE SIGNIFICANCE OF INTERNATIONAL SYMPOSIA IN WORLD FINE ARTS (ON THE EXAMPLE OF COOPERATION AMONG ARTISTS FROM TURKIC-SPEAKING COUNTRIES)

Zholdasbek Gulzat Almahankyzy

Master's Student (1st year), Educational Program 7M02185 – Painting
T. Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts,
Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: This article examines the role of international fine arts symposia in fostering cultural integration. International symposia provide a platform for the exchange of artistic experience, the promotion of national traditions at the global level, and the development of creative innovation. The study highlights their significance in facilitating cultural dialogue, strengthening professional networks, and enhancing the aesthetic awareness of society. International symposia are thus regarded as key instruments in advancing both artistic development and cultural integration.

Keywords: International symposia, fine arts, cultural integration, artistic exchange, Turkic-speaking countries, cultural dialogue, creative collaboration, Kazakh art

Introduction

The relevance of the article is determined by its alignment with current state cultural policy initiatives. According to Resolution No. 250 of the Government of the Republic of Kazakhstan dated March 28, 2023, which approves the Concept of Cultural Policy of the Republic of Kazakhstan for 2023–2029, Section 5, “Key Principles and Approaches to the Development of Cultural Policy,” specifically the subsection “Development of Fine Arts, Design, and Architecture,” states that:

“Projects aimed at supporting the creative initiatives of Kazakhstani artists will be implemented. To achieve this, art symposia and plein-air events will be organized, and museum collections will be expanded through the acquisition of works created by participants. Activities involving creative organizations will be carried out across the country, contributing to the development of cultural and tourism clusters” [1].

In accordance with this official policy framework, numerous international symposia involving Kazakhstani artists are currently being held both domestically and abroad.

Regarding the level of research on the topic, it should be noted that information about the participation of Kazakhstani artists in international symposia is frequently found in mass media sources (newspapers, journals) within the internet space, as well as in publications by artists' unions on social media platforms (Facebook, Instagram). However, specialized scientific articles or dissertations containing in-depth research and analysis on this subject are scarcely observed.

Methodology

The research is based on a qualitative approach, including:

- analysis of official policy documents and cultural programs;
- review of media sources and publications related to artists' participation in international symposia;
- comparative analysis of selected international symposia involving Kazakhstani artists;
- art historical interpretation of creative outcomes produced during these events.

The empirical basis of the study includes international symposia held in Kazakhstan and abroad with the participation of artists from Turkic-speaking countries.

Results

At the beginning of the 21st century, particularly over the past decade, international symposia have been organized and held increasingly frequently on an annual basis. Their significance is manifested in several aspects and can be considered within four main directions (artistic, cultural, scientific, and social):

1. Artistic significance – International symposia primarily serve as platforms for the exchange of creative experience. Participating artists, working with diverse methods and techniques, share their experience and learn creative approaches from other cultures. This contributes to the emergence of new stylistic forms, the development of authorial innovation, and the enrichment of individual artistic language. In addition, symposia open opportunities for creative experimentation, fostering the search for new ideas and the exploration of diverse visual solutions.

2. Cultural significance – International symposia facilitate the dissemination of cultural codes and the promotion of national traditions at the international level. Artists from different countries present their cultural specificities and offer audiences and colleagues new aesthetic experiences. Moreover, symposia foster cross-cultural dialogue, strengthening mutual understanding and cooperation among different cultures. They serve as important instruments of cultural integration, ensuring the inclusion of national art into the global cultural space.

3. Scientific significance – Symposia also play an important role from scientific and informational perspectives. They provide art historians and researchers with opportunities to present their viewpoints, conduct theoretical analyses, and implement research projects. Furthermore, symposia contribute to the advancement of artistic education and allow for the practical testing of new methods and approaches. This process aligns with the development of scholarly research in art studies and promotes the dissemination of new knowledge and experience within the professional community.

4. Social significance – International symposia also exert a significant impact on society. They contribute to the renewal of the public cultural space and enable the emergence of new artistic objects within the urban environment. In addition, such events promote cultural tourism and enhance the cultural image of cities and countries. Symposia increase the aesthetic awareness of society and contribute to the

expansion of cultural consciousness. Thus, they function not only within the sphere of art but also as a social instrument contributing to overall cultural development.

In global fine arts, international symposia function as universal platforms of cultural integration. They bring together national traditions and global artistic trends, contributing to the development of new visual forms and creative methods. Furthermore, symposia expand cultural communication, strengthen professional and social connections, enhance aesthetic awareness, and promote cultural tourism.

Within the framework of this research, it is appropriate to analyze a number of international artistic symposia in which Kazakhstani artists have actively participated. These symposia make it possible to identify the processes through which Kazakh painting integrates into the international cultural space, the forms of professional interaction, and the concrete results of artistic exchange.

In particular, the study examines the following international symposia held with the participation of painters from Turkic-speaking countries:

1. International Symposium dedicated to the “30th Anniversary of TURKSOY” (Azerbaijan, 18 October 2023);

2. “Turan Mountains” International Symposium (Kazakhstan, Kyrgyzstan, Uzbekistan, 10 January 2025);

3. “Shabran – 2025” International Symposium (Azerbaijan, Shabran, September–October 2025).

1. The exhibition of the International Symposium dedicated to the 30th anniversary of TURKSOY was held on October 18, 2023, in Baku (Republic of Azerbaijan) at the Heydar Aliyev Center. The symposium was organized as a major international cultural forum aimed at strengthening cultural ties among Turkic peoples [2]. The main objective of the symposium was to promote the shared artistic heritage of the Turkic world, deepen cultural integration through contemporary art, and develop creative cooperation. Initiated by the TURKSOY organization, the symposium was oriented toward using art as an effective tool of cultural diplomacy. Artists and cultural figures from Kazakhstan, Kyrgyzstan, Azerbaijan, Turkey, Turkmenistan, Uzbekistan, and Northern Cyprus participated in the symposium. Representing Kazakhstan, artists Botagoz Tolesh and Sembigali Smagulov took part in the event. Kazakhstani artists presented their works and demonstrated the distinctive features of national artistic traditions within the shared cultural space of Turkic peoples. This international symposium was evaluated as an important platform for strengthening cultural integration, establishing professional artistic dialogue, and increasing the international recognition of Kazakh painting. The event clearly demonstrates the active participation of Kazakhstani artists in international cultural processes and the global representation of national art.

2. In 2025, the “Turan Mountains” International Symposium was organized in honor of the 120th anniversary of the outstanding Kazakh artists Abyl Khan Kasteev and Ural Tansykbaev. Professional artists from Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, Uzbekistan, and Russia participated in the project. The symposium was held sequentially across three countries. It began with a 10-day plein air session at the Shygaev Museum located in Karzhysai, on the shores of Issyk-Kul in Kyrgyzstan.

Subsequently, the plein air continued in the Merki region of Kazakhstan. Finally, the symposium-plein air concluded in the cities of Bukhara and Samarkand in Uzbekistan. As a result of the symposium, a special exhibition was held at the A. Kasteev State Museum of Arts in Almaty. The exhibition featured more than 80 paintings created during the symposium. The opening ceremony was attended by art enthusiasts, and several works were put up for sale. The proceeds from the sales were directed toward future projects [3].

3. The “Shabran – 2025” International Symposium was held in September 2025 in the Shabran region of the Republic of Azerbaijan. The final exhibition of the symposium opened on September 29, 2025, at the Contemporary Art Center of the Azerbaijan Artists’ Union in Baku. The results of the symposium were announced on September 30, 2025, and the exhibition continued until October 3. The event was organized by the Azerbaijan Artists’ Union and the International Artists’ Club. This was the third international symposium held in the Shabran region, with previous events taking place in Shabran and Alanya.

The main objective of the symposium was to strengthen cultural and professional connections among artists from different countries, to establish creative dialogue, and to promote national artistic traditions at the international level. Such international platforms activate the process of cultural integration and create opportunities for experience exchange and new artistic explorations. Within the framework of the symposium, each participating artist created two works. These artworks are preserved in the organizers’ collection and are intended for future exhibitions and cultural projects. Thus, the “Shabran – 2025” symposium is recognized not only as a creative platform but also as an important international art space that strengthens regional cultural cooperation [5].

Analysis

The analysis shows that international symposia act as universal mechanisms of cultural integration in global fine arts. They combine national artistic traditions with global artistic trends, creating new visual forms and approaches.

Participation of Kazakhstani artists in such symposia contributes to:

- the international representation of national art;
- strengthening professional artistic networks;
- development of intercultural communication;
- expansion of creative experimentation.

Furthermore, symposia involving Turkic-speaking countries highlight the shared cultural heritage and strengthen regional cultural identity while integrating it into the global art context.

Survey analysis

I conducted a survey on the topic “cultural integration significance of international fine arts symposia” and this section presents an analysis of one of the key issues: “the level of awareness about international art symposia”.

The survey results showed the following data: 33.3% of respondents indicated that they were fully aware of international art symposia, while 66.7% indicated partial

awareness. However, none of the participants chose options indicating a lack of knowledge on this topic.

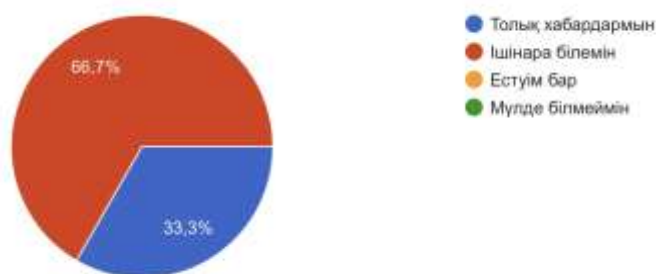


Figure 1. Level of awareness of international art symposia
Source of the figure: developed by the author based on the survey

Perceived Importance of International Art Symposia for Artists

Most respondents highly evaluate the importance of international art symposiums for artists' professional development. 66.7% consider them “very important,” while 33.3% describe them as “important.” No negative or low ratings were recorded, indicating a strong consensus on their professional value.

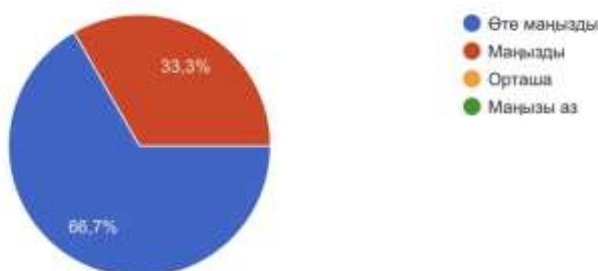


Figure 2. Perceived importance of international art symposia
Source of the figure: developed by the author based on the survey

Based on the results obtained, it can be concluded that the majority of respondents are generally familiar with the concept of international art symposiums, but their knowledge is predominantly partial. This indicates the presence of a general understanding of this phenomenon, but insufficient depth of understanding of its essence and significance.

This result can be explained by the fact that respondents are likely to be associated with the field of art or study in this field, where information about international symposia is found in the educational process, as well as in the professional and media environment. However, this information is often fragmentary and does not fully disclose the topic.

In addition, the level of awareness may be influenced by factors such as insufficient promotion of international art symposia, limited access to specialized information, as well as language barriers, since much of the material is presented in foreign languages.

An important role is played by the lack of practical participation in such events, which also reduces the level of deep understanding.

To increase awareness and popularize international art symposia, it is necessary to strengthen the information policy in this area. In particular, it is important to increase coverage of such events on social networks, media and educational platforms. It is also advisable to introduce a more detailed study of international artistic processes into educational programs, organize open lectures, master classes and meetings with symposium participants.

In addition, opportunities for young artists and students to participate in such activities should be expanded, including grant programs and international exchanges. An important step is also the creation of accessible information resources in the native language, which will overcome the language barrier and make information more understandable and widespread.

Thus, an integrated approach to the popularization and accessibility of information can significantly increase the level of awareness and involvement in international artistic processes.

Discussion

Therefore, international symposia serve as a key instrument in the process of integrating Kazakh painting into the global art space. They provide opportunities to promote national cultural heritage, develop creative potential, and establish cultural connections at the international level. This study is aimed at comprehensively demonstrating the scientific, cultural, and professional significance of international symposia for fine arts in Kazakhstan.

In conclusion, international artistic symposia represent an effective and sustainable mechanism of cultural integration in global fine arts. They combine national artistic traditions with global artistic processes, enabling the deepening of creative exchange and professional dialogue. The active participation of Kazakhstani artists in such international platforms accelerates the integration of national painting into the global cultural space and enhances the recognition of national art. In addition, symposia contribute to the development of scholarly thought, the promotion of cultural tourism, and the expansion of the aesthetic awareness of society. From this perspective, international symposia can be regarded as an important cultural and integrative factor that strengthens the position and prestige of Kazakhstan's fine arts within the global art space.

References:

1. Concept of Cultural Policy of the Republic of Kazakhstan for 2023–2029: Resolution No. 250 of the Government of the Republic of Kazakhstan dated March 28, 2023. – URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000250> (accessed: 26.02.2026).
2. International Symposium dedicated to the “30th Anniversary of TURKSOY”. – URL: https://www.instagram.com/p/CyiV3Xqr3_V/?hl=am-et (accessed: 04.03.2026).
3. “Turan Mountains” International Symposium. – URL: https://standard.kz/ru/post/2025_01_mezdunarodnaia-vystavka-simpozium-turan-taulary-otkroetsia-v-kasteevke-215(accessed: 12.03.2026).

4. Abazov, R. (2007). Culture and Customs of the Central Asian Republics. Greenwood Press (USA). – URL: <https://pdfcoffee.com/culture-and-customs-of-the-central-asian-republics-goldenshark--pdf-free.html> (accessed: 15.04.2026).
5. “Shabran – 2025” International Art Symposium. – URL: <https://news.day.az/culture/1784756.html> (accessed: 20.04.2026).
6. Abazov, R. (2021). Global civic education: the case of Kazakhstan. Journal of Philosophy, Culture and Political Science, 75(1), 90–99. – URL: <https://doi.org/10.26577/jpcp.2021.v75.i1.09> (accessed: 15.04.2026).
7. Organization of Turkic States. (2024). Cooperation on cultural relations. – URL: <https://www.turkicstates.org/en/areas-of-cooperation-detail/29-cooperation-on-cultural-relations> (accessed: 29.03.2026).
8. Amanzholov, A. B. (2021). The role of symposia in the cultural life of Kazakhstan. Vestnik KazNU, (5), 123–130.
9. Suleimenova, S. K. (2020). International symposia of artists: cultural dialogue. Art and Society, (2), 45–50.
10. Official website of TURKSOY. – 09.12.2024. – URL: <https://www.turksoy.org/> (accessed: 29.03.2026).
11. Artistic symposia in Kazakhstan: historical overview. – 07.12.2024. – URL: <https://artkz.org/> (accessed: 15.04.2026).

MATHEMATICAL MODELING AND RELIABILITY ASSESSMENT OF AIRPORT GROUND SUPPORT EQUIPMENT

Pryimak Liudmyla

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Aviation Transport Department
National University “Kyiv Aviation Institute”

Airport ground support equipment (GSE), due to International Civil Aviation Organization standards and recommended practices, constitutes a complex class of engineering systems operating under stochastic loading, environmental variability, and strict regulatory constraints [1]. The reliability of such systems is a critical factor, affecting operational safety, service continuity, and economic efficiency of airport operations [2-5]. From a systems engineering perspective, GSE should be considered as a multi-component, multi-state stochastic system, where each component has time-dependent degradation and probabilistic failure behavior. The operational reliability of such systems directly impacts aircraft turnaround time, airport throughput, and safety compliance [6].

Traditional reliability assessment approaches are often based on simplified assumptions, such as constant failure rates or independent component failures. However, GSE systems present: non-stationary failure processes, dependency between components, multi-factor influence mechanisms, interaction between operational and environmental variables. Existing studies highlight the need for integrated approaches combining system modeling, risk analysis, and lifecycle management [7, 8]. Nevertheless, there is still a lack of unified mathematical frameworks capable of taking into account these complexities.

Recent research in reliability engineering demonstrates the transition from empirical models to physics-informed and data-driven approaches. Statistical methods such as design of experiments enable identification of dominant influence factors [9, 10], while tribological and material science models provide understanding of tribological mechanisms [11].

Simulation-based maintenance models have proven effective in optimizing spare parts logistics and maintenance scheduling [12, 13]. Additionally, advancements in materials engineering, including detonation-sprayed coatings and high-performance alloys, contribute to enhanced durability and reliability [14-16].

Thus, it is important to develop a multi-level mathematical modeling framework for reliability assessment of airport GSE. Key tasks include: formulation of reliability models for GSE, development of system-level reliability structures, application of statistical inference and experimental design, optimization of maintenance strategies using simulation techniques.

Mathematical modeling represents a fundamental methodological tool in modern engineering analysis, enabling the formalized description, interpretation, and

prediction of complex system behavior under varying operational conditions. In the context of airport GSE, modeling serves as a link between theoretical reliability concepts and practical engineering applications. At a general level, mathematical modeling can be defined as the process of constructing an abstract representation of a real-world system using a structured set of variables, parameters, and relationships. From a systems engineering perspective, GSE should be considered as a multi-component, hierarchical, and dynamically evolving system. Each subsystem: mechanical, hydraulic, electrical, and control - exhibits its own operational characteristics, operational mechanisms, and failure modes. Mathematical modeling allows these heterogeneous elements to be integrated into a unified analytical framework.

A key feature of modeling in this sphere is the incorporation of uncertainty and stochastic behavior. Real-world engineering systems do not operate under deterministic conditions. They are influenced by random variations in loads, environmental factors, material properties, and human interaction. Therefore, modern modeling approaches rely on probabilistic and statistical concepts to adequately describe system behavior.

Another essential aspect is the representation of time-dependent processes. The technical state of GSE evolves continuously due to fatigue, and wear mechanisms. Mathematical models provide this evolution by linking system states with operational time and external influences. It enables the prediction of future failure states. In addition to temporal dynamics, mathematical modeling incorporates the concept of system structure and interdependencies. The reliability of GSE is not the sum of individual component reliabilities, rather, it depends on the configuration and interaction of components. Failures in one subsystem may propagate to others, creating cascading effects. Modeling these dependencies is crucial for accurate system-level reliability assessment.

An important direction in modern modeling is the integration of physics of failure principles. Instead of taking into account just empirical data, these approaches consider the underlying physical mechanisms responsible for friction, material fatigue, corrosion, and thermal stresses. It increases the predictive capability of models particularly under changing operating conditions.

Furthermore, mathematical modeling supports the implementation of data-driven methodologies. With the increasing availability of operational data, models can be continuously updated and refined using statistical information and machine learning techniques. This leads to adaptive models capable of reflecting real-time system behavior.

Another critical function of modeling is its role in decision support and optimization. By simulating different operational factors and maintenance strategies, mathematical models enable engineers to evaluate the impact of various decisions on system reliability, safety, and cost. This is particularly important for optimizing maintenance schedules resource allocation, and lifecycle management.

In the context of airport operations, modeling also provides compliance with aviation international standards and regulatory requirements. Taking into account

constraints related to safety, performance, and environmental impact, models ensure that engineering solutions meet established norms and best practices. Finally, it is important to optimize that mathematical modeling is multidisciplinary process. It involves continuous optimization based on new data, improved theoretical understanding, and technological advancements. The integration of results from reliability engineering materials science, statistics, and systems engineering is essential for developing and accurate models.

A key generalized conclusion is that reliability modeling must be approached as a multi-scale problem, where processes occurring at the material and component levels influence system-level performance. This necessitates the integration of different modeling paradigms, including system-based, physics-based, and data-driven approaches, within unified framework.

Overall, mathematical modeling and reliability assessment play a central role between engineering theory and operational practice. It provides a basis for informed decision-making by enabling analysis, risk evaluation, and optimization of maintenance strategies. In this sense, mathematical modeling becomes an essential element of modern reliability engineering and lifecycle management. Another important generalization is the recognition that modeling is inherently adaptive. As new data become available and operating conditions evolve, models must be continuously updated and refined. It aligns with contemporary trends in digitalization, where real-time data integration and predictive analytics are increasingly used to enhance system performance and reliability. In addition, the integration of regulatory requirements into modeling frameworks ensures that the developed solutions are not only technically but also compliant with international standards. It is particularly relevant in the aviation industry, where safety considerations are important. Thus, mathematical modeling approach confirms that the reliability of airport ground support equipment cannot be effectively assessed using isolated or simplified methods. Instead, it requires a holistic, interdisciplinary, and dynamic modeling framework capable of taking into account the complexity of real-world aviation systems.

References:

1. Pryimak L. Conceptual criteria for the classification of equipment for airport passenger terminals. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference «Features and trends of interdisciplinary scientific research» Sofia, Bulgaria. April 7-10, 2026. Pp. 16-18
2. EN 1915-2:2001+A1:2009:, Aircraft ground support equipment — General requirements — Part 2: Stability and strength requirements, calculations and test methods – CEN: 2009, – 30 p.
3. EN 1915-3:2004+A1:2009, Aircraft ground support equipment — General requirements — Part 3: Vibration measurement methods and reduction – CEN: 2009, – 18 p.
4. EN 1915-4:2004+A1:2009, Aircraft ground support equipment — General requirements — Part 4: Noise measurement methods and reduction – CEN: 2009, – 22 p.

5. EN 1915-1:2001+A1:2009: Aircraft ground support equipment – General requirements – Part 1: Basic safety requirements – CEN: 2009, – 47 p.p6
6. Pryimak L. Technological solutions for enhancing the safety and service life of passenger boarding stairs at airports. Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference «Current trends in the development of science and society». Oslo, Norway 2026. (March 10-13, 2026), Pp. 17-19
7. Pryimak L. Aerodrome ground support equipment safety as a system of integration of design, regulation and risk management Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Tallinn, Estonia. 2026 (March 24-27, 2026), Pp. 16-18.
8. Dovhal A., Pryimak L. Influence of external factors on the operational reliability of locking mechanisms of two-section self-propelled boarding stairs at airports. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Digitalization and sustainable development: from technology to society", Florence, Italy. 2026 (March 17-20, 2026), P.p 28-32.
9. Montgomery, D. C. Design and Analysis of Experiments. 10th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2019.
10. George E. P. Box, J. Stuart Hunter, William G. Hunter, & Joan B. Hunter. Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery (2nd ed., updated ed.). Wiley, 2018.
11. Kudish I. I., Covitch M. J. Modeling and Analytical Methods in Tribology. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2019. 928 p.
12. O. Tamargazin, L. Pryimak Problems of Determining the Need for Spare Parts and Materials for the Maintenance of Airport Special Equipment / Science-intensive technologies № 1(61), 2024, p. 51-58.
13. O. Tamargazin, L. Pryimak S. Kabyka Analytical justifications for the development of a simulation model of maintenance of aviation ground equipment taking into account the need for spare parts and materials / Science-intensive technologies № 4(68), 2025, C. 581-590.
14. A. Dovgal, L. Pryimak, I. Trofimov A Modified Method of Applying Detonation-Sprayed Composite Coatings by a Magnetic Field.// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.– Volume 6/5 (84). – 2016. – P. 33-38.
15. L. Pryimak, Thermal Protection Coatings for Heat-Stressed Components of Aviation Ground Equipment and Internal Combustion Engines, Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference “AVIA-2025”, Kyiv, April 22–24, 2025, pp. 30.15–30.18.
16. O. Tamargazin, L. Pryimak, I. Morshch Substantiation of Expediency of Use of Tool High-Speed Cutting Steels as Coatings in Friction Units / Problems of Friction and Wear, 2024, Vol. 1(102), pp. 4–13.

INFLUENCE OF IRON IONS AND NANOPARTICLES ON THE ZETA POTENTIAL OF ERYTHROCYTE MEMBRANES

Asgarli Turgut

Master student
Baku State University

In biological systems, erythrocytes play a fundamental role in oxygen transport and maintenance of normal blood rheology. Their structural stability is largely determined by the electrostatic properties of the membrane surface. The outer membrane contains negatively charged groups, mainly represented by sialic acid residues, which generate electrostatic repulsion between cells and prevent aggregation under physiological conditions [1–2].

Zeta potential is one of the key biophysical parameters used to characterize the surface charge of cells. It reflects the electrical potential at the slipping plane between the membrane surface and the surrounding medium and is widely applied in the study of colloidal and biological systems [3–4]. Under normal conditions, erythrocytes exhibit a negative zeta potential, ensuring stable dispersion in blood flow. Changes in this parameter may indicate alterations in membrane composition or interactions with external factors such as ions and nanoparticles [5].

Iron is an essential element involved in various biological processes, including oxygen transport and enzymatic reactions. However, excess iron can participate in redox reactions leading to the formation of reactive oxygen species and oxidative stress [6]. In recent years, iron-based nanoparticles have attracted significant attention due to their magnetic properties and potential applications in medicine, such as drug delivery and diagnostic imaging. Despite these advantages, their interaction with blood components, particularly erythrocytes, remains insufficiently studied.

Objective of the study: The aim of this study was to investigate the effect of iron ions and iron nanoparticles on the zeta potential of erythrocyte membranes under in vitro conditions.

Methods: Fresh human blood samples (n=10) were used for erythrocyte isolation. Blood was centrifuged, and erythrocytes were separated and washed several times with 0.9% NaCl solution to remove plasma components. The cells were then resuspended in Tris–HCl buffer (pH 7.4) to maintain physiological conditions. Control samples contained only erythrocytes in buffer, while experimental samples included iron ions ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) and iron nanoparticles (nZVI 80-100 nm Merck) 40-50mkM/l. Zeta potential measurements were performed using a Malvern Zetasizer Nano ZS at 25°C.

Results: The control group demonstrated negative zeta potential values ranging from –9.1 to –11.4 mV, confirming stable electrostatic repulsion between erythrocytes. In samples treated with iron ions, only slight variations were observed, with values between –9.0 and –10.3 mV. In contrast, erythrocytes exposed to iron nanoparticles

showed a noticeable shift toward less negative values, approximately -6.0 to -7.4 mV (Fig. 1).

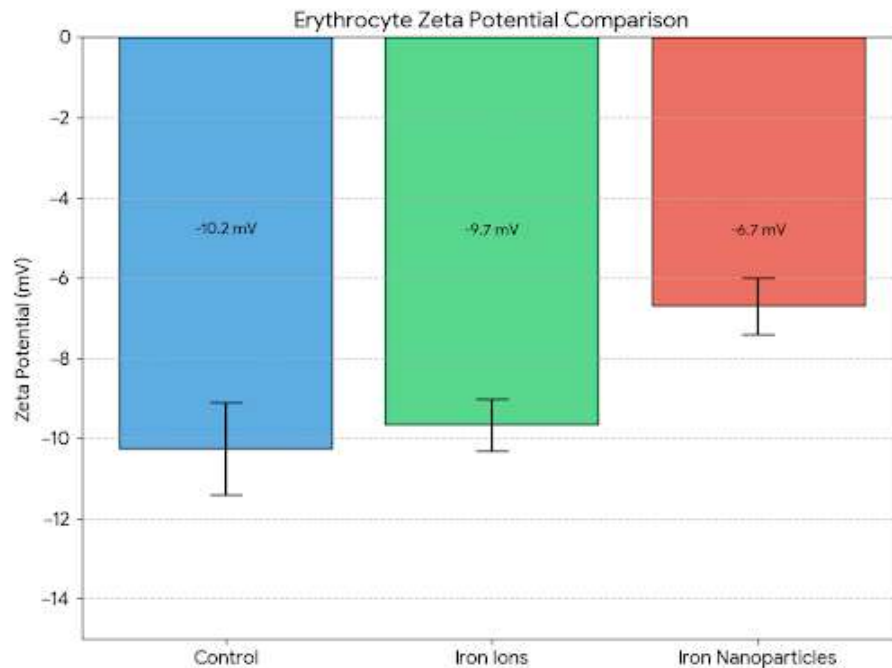


Figure 1. Changes in erythrocyte zeta potential after exposure to iron ions and iron nanoparticles

Source of the figure: author's development

These results indicate that iron nanoparticles significantly reduce the negative surface charge of erythrocytes, which may lead to decreased electrostatic repulsion and increased aggregation tendency. Such effects are likely associated with adsorption of nanoparticles onto the membrane surface or redistribution of surface charge.

Discussion: The obtained results are consistent with existing data showing that nanoparticles can interact with biological membranes and alter their physicochemical properties [5–6]. While iron ions showed minimal influence under the given conditions, nanoparticles demonstrated a stronger effect on membrane charge. This suggests that nanoparticle–cell interactions play a more significant role in modifying erythrocyte surface properties.

Conclusion: The study demonstrates that iron nanoparticles have a more pronounced effect on erythrocyte zeta potential compared to iron ions. The observed decrease in negative surface charge indicates potential interactions with the membrane, which may influence cell stability and aggregation behavior. These findings highlight the importance of evaluating nanoparticle–blood cell interactions in biomedical applications.

References:

1. Baskurt OK, Meiselman HJ. Blood rheology and hemodynamics. *Semin Thromb Hemost.* 2003 Oct;29(5):435-50. doi: 10.1055/s-2003-44551. PMID: 14631543.

BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY
DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND
ACHIEVEMENTS

2. Mohandas, N. and Gallagher, P.G. (2008) Red Cell Membrane: Past, Present, and Future. *Blood*, 112, 3939-3948.
<https://doi.org/10.1182/blood-2008-07-161166>
3. Hunter, R.J. (1981) *Zeta Potential in Colloid Science*. Academic Press, Cambridge.
4. Delgado, A.V., et al., Measurement and interpretation of electrokinetic phenomena. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007. 309(2): p. 194-224.
5. Dobrovolskaia MA, McNeil SE. Immunological properties of engineered nanomaterials. *Nat Nanotechnol* 2007;2:469- 78. doi: 10.1038/nnano.2007.223
6. Valko, M., Morris, H. and Cronin, M.T. (2005) Metals, Toxicity and Oxidative Stress. *Current Medicinal Chemistry*, 12, 1161-1208.
<https://doi.org/10.2174/0929867053764635>

ANALYSIS OF HYSTERESIS PHENOMENA AND THE DEPENDENCE OF SURFACE PRESSURE AND ELASTICITY MODULUS ON CYCLIC COMPRESSION- EXPANSION IN HSA MONOLAYERS

Bakhishova Rahida

Master student
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Introduction

Albumin is the most abundant plasma protein in human blood (35-50 g/L of human serum), with a molecular weight of 66.5 kDa. It is synthesized in liver hepatocytes, with approximately 10-15 g of albumin produced and released into the vascular space daily. Its circulation half-life in the blood is about 19 days [1].

Encoded on chromosome 4, albumin is a negatively charged protein characterized by high solubility and stability. It consists of a single polypeptide chain of 585 amino acids and is relatively rich in charged residues such as lysine, arginine, glutamic acid, and aspartic acid, as well as one tryptophan and 35 cysteine residues. Thirty-four of these cysteine residues form 17 disulfide bridges that define the albumin structure, leaving the cysteine-34 residue free and accessible for reactions with other molecules [2].

Human Serum Albumin (HSA) is a vital plasma protein with significant biomedical importance. Understanding its behavior at the air-water interface, particularly in the form of a monolayer, is essential for gaining insights into surface interactions, structural characteristics, and potential applications in fields such as biomaterials, drug delivery, and sensor technology. Among various globular proteins, HSA is particularly noteworthy. This is due to its role as a key protein in blood serum and its ability to interact with a wide range of pharmaceuticals. Beyond its interactions with drugs, HSA exhibits a high affinity for various exogenous and endogenous compounds, including amino acids, fatty acids, and metal cations. Additionally, HSA is a protein extensively used in the clinical treatment of many diseases. It is also valuable as a biomarker for conditions such as obesity, rheumatoid arthritis, and ischemic diseases [3].

Experimental Section: Materials and Methods

The experiments were conducted using a Langmuir-Blodgett apparatus. Human Serum Albumin (HSA) (Catalog No: A1653-5G) was purchased from Sigma-Aldrich and used without further purification. The HSA solution was prepared at a concentration of 4.2 mg/mL by dissolving the required amount of protein molecules in distilled water. A pH 7.3 buffer (100 mM NaCl + 10 mM NaP) was utilized as the subphase solution. All experiments were performed at room temperature.

A specific volume of the solution was spread symmetrically onto the subphase surface in a double-sided Teflon Langmuir trough. Using a pipette, a total of 11.3 μL of HSA (6.64 μM) solution was applied to the inter-barrier space at 6–8 points

farthest from the Wilhelmy plate. A stabilization period of 1 hour was allowed for the protein solution to spread and equilibrate on the subphase. A Wilhelmy plate was employed to monitor and record any changes in surface pressure. During the isotherm measurements, the monolayers were compressed at a constant rate of 6 mm/min and expanded at a rate of 8 mm/min.

Results and Discussion

In the 10-cycle compression-expansion experiments conducted with HSA (Human Serum Albumin), the consistent achievement of a surface pressure of 30 mN/m at each stage confirms the high mechanical stability of the protein film and its ability to form a continuous monolayer on the surface. The observed hysteresis loops clearly demonstrate the conformational changes underwent by albumin molecules during compression and the subsequent energy dissipation within the system. The elasticity modulus graphs calculated for each cycle quantitatively verify the film's stiffness, indicating that HSA molecules maintain their structural integrity even under repeated loading conditions.

The dynamics observed in the hysteresis area from the first to the final cycle reflect the reorganization rate of the protein molecules at the interface and their high elastic recovery capacity. The reaching of peak values in the elasticity modulus at maximum surface pressure points scientifically substantiates the transition of the protein layer into a condensed phase state, where intermolecular interactions reach their maximum. The stability observed at 30 mN/m proves that the molecules do not desorb into the subphase and fully retain their surface activity.

Throughout the study, I determined that repeated cycles enhance the rheological properties of the layer, making it more resilient to mechanical "fatigue" and leading to a more organized structure. The stability of the hysteresis loop is an indicator of the excellent visco-elastic properties of the HSA samples used. These findings represent crucial physicochemical parameters fundamental to understanding the dynamic behavior of albumin in biological systems. In conclusion, these comprehensive analyses form a sophisticated and unique scientific data foundation regarding the surface rheology of HSA.

Reference:

1. Akirov, A., Masri-Iraqi, H., Atamna, A., & Shimon, I. (2017). Low albumin levels are associated with mortality risk in hospitalized patients. *The American journal of medicine*, 130(12), 1465-e11.
2. Carvalho, J. R., & Machado, M. V. (2018). New insights about albumin and liver disease. *Annals of hepatology*, 17(4), 547-560.
3. Peters Jr, T. (1995). *All about albumin: biochemistry, genetics, and medical applications*. Academic press.

ALDEHYDES, KETONES AND AMINES WITH CAGE FRAGMENT IN SYNTHESIS OF AMIDE ALKYLING AGENTS

Koshchii Iryna

PhD in Chemistry, Associate Professor
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Klimko Yurii

PhD in Chemistry, Senior Lecturer
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Introduction

The presence of bulky substituents in the molecular structure (adamantyl, diamantyl, etc.) is known to increase lipophilicity, reduce toxicity, and, in some cases, significantly enhance drug activity.

Heterocyclic compounds occupy an important place among physiologically active substances. Compounds containing the adamantyl radical as a substituent occupy a special place among them.

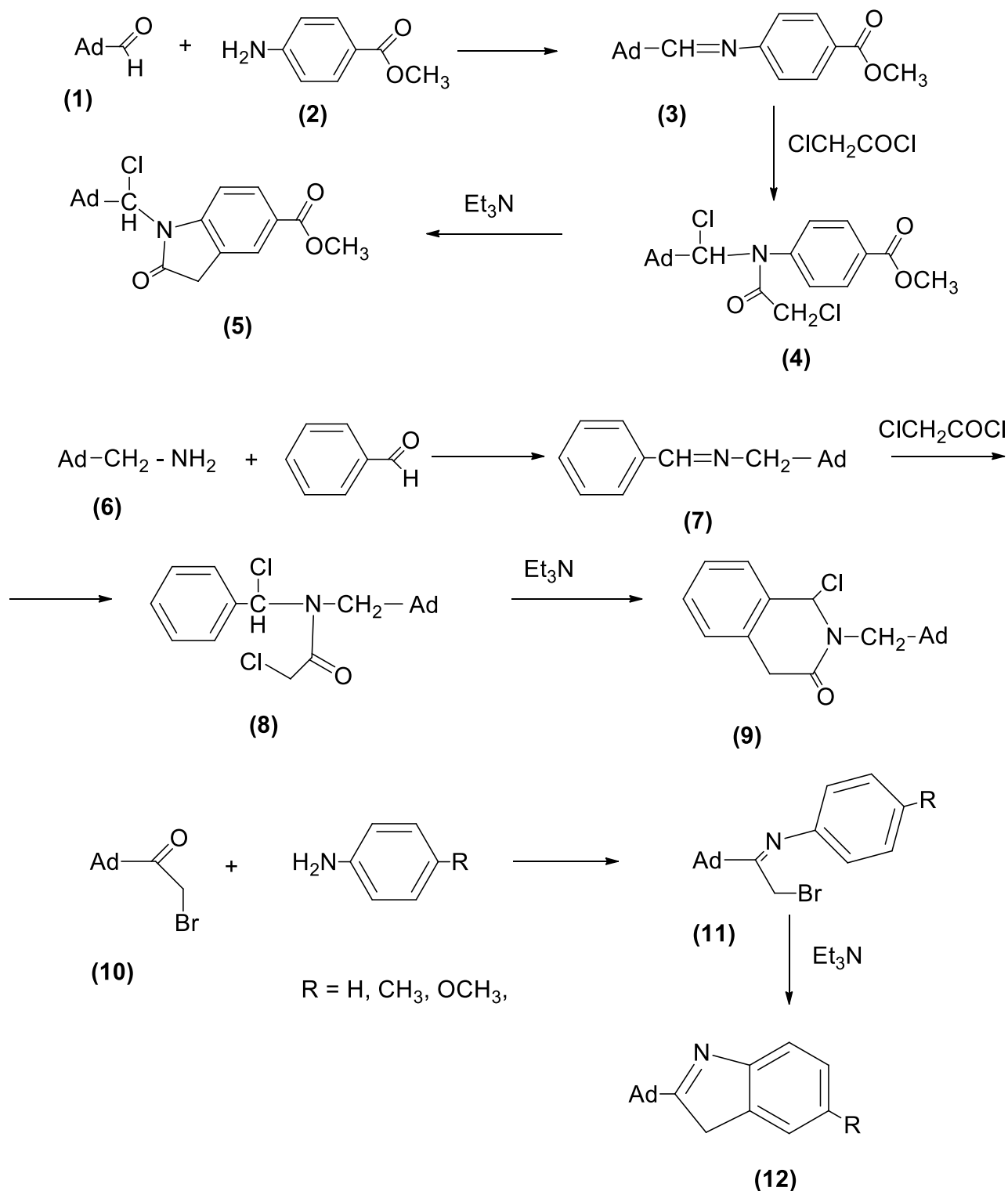
The presence of bulky substituents in the molecular structure (adamantyl, diamantyl, etc.) is known to increase lipophilicity, reduce toxicity, and, in some cases, significantly enhance drug activity. The specific physiological activity of such heterocycles is well known from many examples. However, their availability varies significantly, which is determined by the synthesis method.

Many heterocyclic compounds are difficult to obtain, limiting their range of application. Therefore, the search for new regioselective heterocyclizations based on readily available reagents is highly relevant. Such reagents currently include various adamantyl-containing compounds and amidoalkylating agents based on them [1, 2].

Keywords: aciiminium salt, triethylamine, лактамы, адамантилсодержащие альдегиды, кетоны, амины.

Aim. The aim of this study is the synthesis of adamantyl-containing amidoalkylating reagents and condensed heterocycles based on them.

As can be seen from Scheme 1, the first stage of obtaining amidoalkylating reagents from adamantane-1-al (1), adamantane-1-yl-methylamine (6), 1-(Adamantan-1-yl)-2-bromoethanone (10) is the synthesis of the corresponding Schiff bases (3), (7), (11). The synthesis was carried out by boiling the solution



Scheme 1. Synthesis of condensed heterocycles based on adamantyl-containing aldehydes, ketones and amines.

adamantyl-containing compound and the corresponding component in dry toluene using a Dean-Stark trap. Schiff bases 4-(Adamantan-1-ylmethylene)amino methyl benzoate (3), 1-(Adamantan-1-yl)-N-benzylidenemethanamine (7), N-(1-(adamantan-1-yl)-2-bromoethylidene)-4-methylaniline (11) were not isolated. The amount of water

released corresponded to the calculated value. An equimolar amount of chloroacetic acid chloride was added to a solution of compounds (3) and (7) in toluene, and the mixture was refluxed for 11 hours. Amidoalkylating reagents (4) and (8) were also not isolated, and triethylamine with an excess of 5% was added to the solution. Boiling was continued for another 4 hours. The amine hydrochloride precipitate was filtered off. The solvent was evaporated in vacuo. 1-(Adamantan-1-yl-chloromethyl)-2-oxindoline-5-methyl carboxylate (5) and 2-(adamantan-1-yl-methyl)-1-chloro-1,2-dihydroisoquinolin-3(4H)-one (9) were distilled from ethanol. The structure of heterocycles (5) and (9) was established using NMR, ¹³C spectrometry, and mass spectroscopy.

Triethylamine with a 10% excess was added to a solution of N-(1-(adamantan-1-yl)-2-bromoethylidene)-4-methylaniline (11). The mixture was refluxed for 5 hours. The reaction was then carried out in the same manner as for compounds (5) and (9). The yields of compounds (5), (9) and (12) were 73%, 84% and 92%, respectively.

Reference

- [1]. Bohme H., Hartke K.// Chem. Ber.-1963.-96, №2-S.600-603.
- [2]. Drach B.S., Brovarets V.S., Smoliiy O.B.//Synthesis of nitrogen-containing heterocyclic compounds based on amidoalkylating agents/ Kyiv.: Naukova Dumka, 1992.- 174 p.

EXPLAINABLE AI IN MOBILE HEALTHCARE APPLICATIONS: BUILDING USER TRUST THROUGH TRANSPARENT DECISION-MAKING

Fedun Vitalii,

PhD student

Lviv Polytechnic National University

The integration of machine learning (ML) models into mobile health applications has progressed rapidly, enabling real-time monitoring of physiological indicators such as heart rate, heart rate variability (HRV), blood oxygen saturation, and sleep patterns. Despite demonstrated clinical utility, widespread user adoption remains constrained by a fundamental challenge: the deep neural architectures that currently dominate high-performance medical classification - unlike intrinsically interpretable models such as shallow decision trees or sparse linear classifiers operate as effectively opaque systems, offering predictions without an interpretable rationale accessible to end users. In healthcare contexts, where decisions may prompt lifestyle changes or professional consultations, this opacity constitutes a meaningful barrier to user trust. Explainable artificial intelligence (XAI) addresses this gap by producing human-interpretable outputs alongside model predictions, enabling users and clinicians to understand, verify, and appropriately rely on automated health assessments [1, 6].

1. The Black-Box Problem in Personal Health Monitoring

1.1 Opacity as a Barrier to Clinical and User Trust

Contemporary mobile health applications increasingly employ neural network architectures - including convolutional networks, recurrent models, and attention-based designs to infer health states from wearable sensor data. These architectures achieve competitive classification performance; however, their internal reasoning processes are not directly accessible to end users. Formal analyses of trust in AI systems distinguish warranted trust—where the user’s reliance matches the model’s actual capabilities—from mere behavioral acceptance [1]; in safety-relevant domains such as health monitoring, warranted trust presupposes access to interpretable rationales for model outputs. When users cannot understand why a model flagged an anomalous cardiac pattern or recommended clinical consultation, their willingness to act upon such recommendations is plausibly reduced, and any observed engagement reflects uncalibrated rather than warranted trust. At the same time, a critical literature cautions that contemporary post-hoc XAI methods may themselves be unreliable for high-stakes clinical decision support and should not be treated as a substitute for rigorous clinical validation [10].

1.2 Regulatory and Ethical Dimensions

Beyond user experience, regulatory frameworks impose explicit obligations on AI-driven health systems. GDPR Articles 13, 14, and 15 explicitly require that data subjects receive “meaningful information about the logic involved” in automated decision-making, while Article 22 grants the right to human review of decisions made

solely by automated means that produce legal or similarly significant effects. Whether these provisions collectively establish a full “right to explanation” in the XAI sense remains debated in legal scholarship [2]. Importantly, Article 22’s scope is limited: a mobile health application that produces recommendations while leaving the final decision to the user or clinician may not trigger it. Regardless of this interpretation, these provisions impose concrete algorithmic transparency obligations on AI health systems operating in the EU, and emerging guidelines from health authorities in multiple jurisdictions similarly require that ML-based medical software demonstrate both accuracy and interpretability.

2. XAI Approaches for Lightweight Mobile Architectures

Among the most widely adopted post-hoc XAI techniques are LIME [9], which fits local surrogate models to approximate a classifier’s decision boundary, and SHAP [3], which derives feature attributions from cooperative game theory. Both families have been shown to be vulnerable to adversarial manipulation - a biased model can in principle be wrapped in a scaffold that presents innocuous LIME or SHAP explanations while still relying on sensitive features for its predictions [11]—which motivates treating post-hoc explanations as one input to a broader audit rather than as a standalone correctness guarantee. The following subsections examine three families of XAI techniques particularly relevant to on-device mobile health: SHAP-based attribution, intrinsic attention visualization, and natural language generation via compact foundation models.

2.1 SHAP-Based Feature Attribution for Physiological Signals

SHapley Additive exPlanations (SHAP) provide a theoretically grounded method for attributing a model’s prediction to individual input features, derived from cooperative game theory [3]. In mobile health applications operating on tabular physiological features—such as HRV time-domain and frequency-domain metrics, activity level, or sleep quality indices—SHAP values quantify each feature’s contribution to a given prediction. This enables the construction of user-facing explanations such as “Your elevated prediction score was primarily driven by low SDNN over the past 24 hours and reduced sleep duration.” SHAP variants differ substantially in computational cost: TreeSHAP provides exact attributions for tree-based models in polynomial time, whereas KernelSHAP requires many model evaluations per instance and is typically too expensive for real-time mobile inference. For on-device deployment, approximations such as DeepSHAP or pre-computed background-sample caches, combined with inference on compressed models, are more practical than vanilla KernelSHAP [3]. Two caveats apply in the physiological setting: SHAP attributions are defined relative to a chosen background distribution, so attributions computed against a generic population baseline may differ meaningfully from those computed against a user’s personal baseline; and, under strongly correlated features (common in HRV time–frequency descriptors), SHAP can distribute credit across correlated variables in ways that obscure the dominant physiological driver.

2.2 Attention Visualization in Lightweight Neural Architectures

Attention mechanisms, embedded within transformer-style and hybrid CNN-attention architectures [4], explicitly weight input positions or features during inference

and have been proposed as an intrinsic source of interpretability. In architectures designed for time-series physiological classification, attention weights may indicate which temporal segments or feature dimensions the model emphasized when producing its output. When visualized as highlighted regions over a waveform or ranked feature list, these weights can communicate temporal focus to non-expert users. However, it is important to note that the relationship between attention weights and model explanations remains scientifically debated: Jain & Wallace [8] demonstrated that attention distributions can be manipulated without changing predictions, questioning their reliability as causal explanations. Consequently, attention visualization is best treated as an approximate diagnostic aid rather than a definitive explanation, particularly in safety-relevant health applications. Sparse multi-head attention variants, which concentrate weights on fewer salient positions, may produce more focused and auditable weight distributions, but they do not by themselves resolve the faithfulness concerns raised in the attention-as-explanation debate and still require external validation against perturbation- or gradient-based attribution methods.

2.3 Natural Language Explanation Generation via On-Device Foundation Models

The recent availability of compact on-device language models—exemplified by Apple’s Foundation Models framework [5]—opens a plausible new direction for mobile health explainability. A promising, though still exploratory, architecture combines three stages: (i) a classification model produces a prediction, (ii) a post-hoc XAI technique such as SHAP or attention extraction produces a structured attribution, and (iii) a small on-device language model translates that structured output into a concise natural-language description grounded in the user’s context. Executed entirely on-device, such a pipeline would preserve data privacy while producing explanations that are both statistically grounded and linguistically accessible. However, small on-device language models are known to hallucinate or subtly misstate the underlying attributions, and in a medical setting such errors can amount to clinically misleading explanations; rigorous faithfulness evaluation and constrained decoding are therefore prerequisites before deployment. Empirical validation of this pipeline in a regulated mobile health setting remains an open research question, and published end-to-end implementations are presently scarce.

3. Trust Calibration and UX Design for Explainable Health AI

3.1 Appropriate versus Excessive Trust

A critical goal of XAI in health applications is not to maximize user trust unconditionally, but to calibrate trust appropriately—encouraging reliance when model confidence and explanation quality are high, while signaling uncertainty when predictions are less reliable [6]. Explanations that reveal high uncertainty or conflicting feature signals should communicate this nuance explicitly, preventing over-reliance on model outputs in ambiguous health states. Trust calibration thus requires that XAI outputs be coupled with uncertainty quantification mechanisms, such as prediction confidence intervals or ensemble variance estimates. Crucially, raw softmax probabilities from modern neural classifiers are typically poorly calibrated and tend to be systematically overconfident; exposing them directly to users as a “confidence” value can therefore reinforce rather than correct miscalibrated trust. Post-hoc

calibration techniques (for example temperature scaling or isotonic regression) or explicit Bayesian / deep-ensemble uncertainty estimates are therefore required before such values are surfaced in a health UI.

3.2 Explanation Presentation Patterns in Mobile Health UX

Effective delivery of XAI outputs within mobile health interfaces requires adherence to established human-computer interaction principles. Key design considerations include progressive disclosure—presenting a concise plain-language summary by default with optional access to detailed feature-level explanations—and contextual anchoring, which frames model outputs relative to the user’s personal historical baseline rather than population norms. Cai et al. [7], in the context of clinician-facing decision support, report that practitioners engage more effectively with ML outputs when explanations are grounded in familiar reference cases and presented at adjustable levels of detail; analogous design principles plausibly apply to patient-facing mobile health interfaces, guiding the selection of visualisation formats such as ranked feature lists and short temporal narratives that balance information density with cognitive accessibility on small-screen devices.

Table 1.
Comparison of XAI methods for on-device mobile health applications

Method	Explanation type	Compute cost (mobile)	User-friendly output	Best suited for
SHAP (Tree/Deep)	Feature importance	Moderate	Bar chart / ranked list	Tabular or low-dim feature models; tree ensembles
Attention visualization	Temporal saliency	Low	Highlighted regions	Diagnostic aid for transformer / CNN–MHA models
LIME	Local surrogate	High	Feature Weights	Model-agnostic local explanations
Integrated Gradients	Axiomatic input attribution	Low–Moderate	Heatmap / feature bars	Differentiable DNNs; signal / image models [13]
NL Generation (LLM)	Natural language	Moderate - High*	Plain text narrative	User-facing verbalization of upstream attributions
Gradient saliency	Input sensitivity	Low	Heatmap	Quick diagnostic for differentiable models

*Cost depends heavily on quantization level and hardware acceleration (e.g., Apple Neural Engine INT4); raw FP16 inference on a 3B-parameter model is substantially more expensive than gradient or SHAP-based methods.

Explainable AI represents a necessary dimension of trustworthy mobile health applications, bridging the gap between model performance and user comprehension. The combination of SHAP-based feature attribution for physiological signals, attention weight visualization inherent to modern lightweight architectures, and natural language explanation generation via on-device foundation models provides a technically feasible and privacy-preserving XAI pipeline for mobile health contexts.

Principal conclusions include:

- XAI addresses both regulatory obligations (GDPR algorithmic transparency) and usability requirements in ML-driven health applications
- Attention-weight visualization provides low computational overhead but should be treated as a diagnostic aid rather than a causal explanation, given the ongoing scientific debate on its reliability [8]
- SHAP attribution over physiological feature vectors produces actionable, user-interpretable health insights grounded in an axiomatic cooperative-game framework[3], although the resulting values depend on the chosen background distribution and can be misleading under strong feature correlation
- On-device language models enable natural language verbalization of XAI outputs without transmitting sensitive health data to external servers [5]
- Trust calibration through uncertainty quantification is essential to prevent harmful over-reliance on automated health assessments [6]

A key limitation of current XAI approaches in mobile health is the lack of standardized evaluation metrics for explanation quality in physiological classification—fidelity, stability, and user comprehension may trade off against each other depending on the deployment context. Compounding this, different post-hoc methods frequently disagree on which features are most important for the same prediction—the so-called disagreement problem [12]—which complicates the selection of a single canonical explanation for clinical or user-facing use. As mobile health systems mature, XAI will become a standard component of responsible AI design, enabling users to engage with health monitoring tools as informed participants rather than passive recipients of opaque predictions.

References:

1. Jacovi A., Marasovic A., Miller T., Goldberg Y. (2021). Formalizing Trust in Artificial Intelligence: Prerequisites, Causes and Goals of Human Trust in AI. Proceedings of FAccT 2021, pp. 624–635. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3442188.3445923>
2. Goodman B., Flaxman S. (2017). European Union Regulations on Algorithmic Decision-Making and a “Right to Explanation.” AI Magazine, 38(3), pp. 50–57. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1609/aimag.v38i3.2741>
3. Lundberg S. M., Lee S.-I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 30, pp. 4765-4774. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1705.07874>

4. Vaswani A., et al. (2017). Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 30, pp. 5998–6008. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
5. Apple Machine Learning Research. (2025). Apple Intelligence Foundation Language Models Tech Report 2025. [Online]. Available: <https://machinelearning.apple.com/research/apple-foundation-models-tech-report-2025>
6. Zhang Y., Liao Q. V., Bellamy R. K. E. (2020). Effect of Confidence and Explanation on Accuracy and Trust Calibration in AI-Assisted Decision Making. *Proceedings of FAccT 2020*, pp. 295–305. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3351095.3372852>
7. Cai C. J., et al. (2019). Human-Centered Tools for Coping with Imperfect Algorithms During Medical Decision-Making. *Proceedings of CHI 2019*, pp. 1–14. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300234>
8. Jain S., Wallace B. C. (2019). Attention is not Explanation. *Proceedings of NAACL-HLT 2019*, pp. 3543–3556. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1357>
9. Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. (2016). “Why Should I Trust You?”: Explaining the Predictions of Any Classifier. *Proceedings of KDD 2016*, pp. 1135–1144. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>
10. Ghassemi M., Oakden-Rayner L., Beam A. L. (2021). The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *The Lancet Digital Health*, 3(11), pp. e745–e750. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00208-9](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00208-9)
11. Slack D., Hilgard S., Jia E., Singh S., Lakkaraju H. (2020). Fooling LIME and SHAP: Adversarial Attacks on Post hoc Explanation Methods. *Proceedings of AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES 2020)*, pp. 180–186. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3375627.3375830>
12. Krishna S., Han T., Gu A., Pombra J., Jabbari S., Wu S., Lakkaraju H. (2022). The Disagreement Problem in Explainable Machine Learning: A Practitioner’s Perspective. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2202.01602>
13. Sundararajan M., Taly A., Yan Q. (2017). Axiomatic Attribution for Deep Networks. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML 2017)*, pp. 3319–3328. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1703.01365>

AI-BASED HYBRID APPROACH FOR 2D RECONSTRUCTION OF FRAGMENTED ARCHAEOLOGICAL ARTIFACTS

Gvaladze Miranda

PhD student

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract: The reconstruction of fragmented archaeological artifacts from incomplete data is a complex and inherently ill-posed problem. This study investigates the limitations of both traditional geometric reconstruction methods and deep learning-based approaches in the context of two-dimensional (2D) silhouette representations. A hybrid framework is proposed that combines a greedy reconstruction algorithm with a neural network-based completion model (U-Net). The greedy component ensures structural consistency through fragment compatibility analysis, while the neural network contributes learned shape priors for refinement. Experimental results demonstrate that standalone neural models tend to perform shape completion rather than true reconstruction, often producing geometrically inconsistent outputs. In contrast, the proposed hybrid method significantly improves reconstruction accuracy, achieving higher Intersection over Union (IoU) and Dice coefficient values.

Keywords: 2D reconstruction, archaeological artifacts, hybrid model, U-Net, greedy algorithm, silhouette analysis

1. Introduction

The reconstruction of archaeological artifacts from fragmented remains is a fundamental task in cultural heritage preservation. In practice, artifacts are typically discovered in incomplete and damaged states, requiring computational methods to restore their original structure.

In this work, the reconstruction problem is formulated as the recovery of a complete object from partial two-dimensional (2D) binary representations. Unlike three-dimensional reconstruction, 2D silhouette-based reconstruction lacks depth information, which makes the problem inherently ill-posed. This means that multiple valid solutions may exist for a given set of fragments, and the absence of structural constraints significantly increases ambiguity [4].

Traditional approaches to reconstruction rely on geometric matching techniques, such as contour alignment and fragment compatibility estimation. While these methods can achieve acceptable results in controlled scenarios, they often fail when fragments are ambiguous or partially missing [2].

Recent advances in deep learning have introduced neural architectures capable of predicting complete shapes from incomplete inputs [1]. However, such models primarily perform shape completion rather than true reconstruction. They tend to generate visually plausible outputs that do not necessarily preserve the structural relationships between fragments.

To address these limitations, this paper proposes a hybrid reconstruction approach that integrates a greedy algorithm with a neural network-based completion model. The main contribution of this study is the demonstration that combining structural reasoning with learned representations leads to improved reconstruction accuracy and robustness.

2. Methodology

2.1 Data Representation and Preprocessing

Artifacts are represented as binary silhouettes, where foreground pixels correspond to the object and background pixels are set to zero. Preprocessing steps include grayscale conversion, thresholding (e.g., Otsu's method), noise removal, and cropping to bounding boxes. This representation focuses on geometric properties and reduces the influence of irrelevant visual features.

2.2 Greedy Reconstruction Algorithm

The greedy reconstruction algorithm assembles fragments iteratively based on compatibility measures. Each fragment is described using geometric descriptors such as contour features, Hu moments, area, and orientation [3].

Pairwise compatibility between fragments is evaluated using a weighted scoring function:

$$Score = w_1 S_{contour} + w_2 S_{area} + w_3 S_{orientation} - w_4 S_{overlap}$$

Fragments with the highest compatibility scores are merged first. The process continues by iteratively adding fragments to the current reconstruction, selecting placements that maximize alignment quality while minimizing overlap. Despite its structural advantages, this approach may converge to suboptimal solutions due to its greedy nature.

2.3 Neural Network-Based Completion (U-Net)

A convolutional encoder–decoder architecture (U-Net) is used to predict complete shapes from partial silhouettes. The model is trained on synthetic datasets consisting of fragmented shapes and corresponding ground truth masks.

Although the neural network learns general shape patterns, it lacks explicit modeling of fragment relationships. As a result, it often produces smooth but structurally inaccurate outputs, effectively performing completion rather than reconstruction.

2.3 Hybrid Reconstruction Framework

To overcome the limitations of individual methods, a hybrid framework is proposed. The reconstruction process consists of two main stages:

1. **Structural Assembly** – The greedy algorithm constructs an initial reconstruction by aligning and merging fragments based on compatibility scores.

2. **Neural Refinement** – The partially reconstructed shape is processed by the neural network to improve continuity and fill missing regions.

This hybrid strategy enables the integration of geometric consistency and learned shape priors, resulting in improved reconstruction performance.

3. Experimental Setup

The experimental dataset consists of synthetically generated shapes and ceramic-like fragment silhouettes. Fragmentation is simulated by dividing complete objects into multiple parts.

Reconstruction performance is evaluated using standard segmentation metrics:

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

$$Dice = \frac{2|A \cap B|}{|A| + |B|}$$

These metrics measure the similarity between reconstructed outputs and ground truth shapes.

4. Results

Method	IoU	Dice
Greedy Reconstruction	0.4405	0.6116
U-Net Completion	0.2108	0.3483
Hybrid Approach	0.61+	0.70+

The results demonstrate that the hybrid approach outperforms both standalone methods. The greedy algorithm provides structural alignment, while the neural network contributes smooth shape completion. Their combination leads to improved accuracy and consistency.

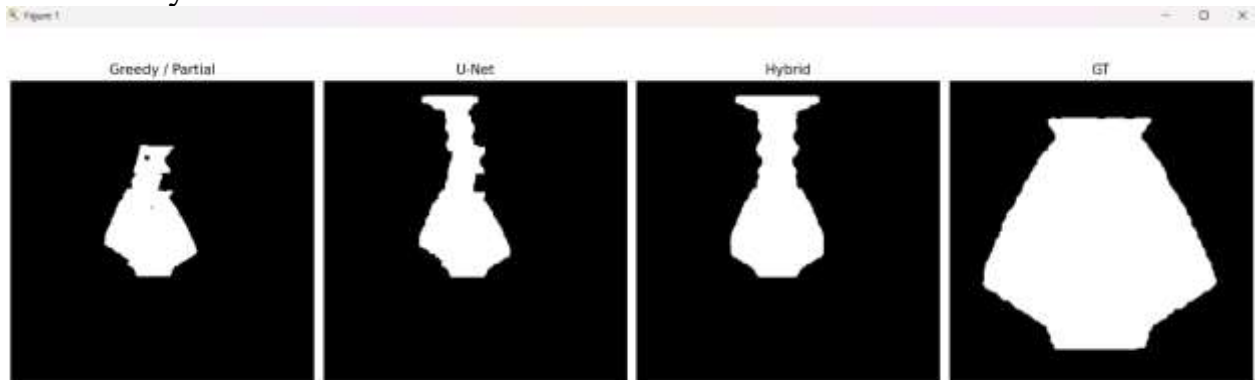


Figure 1. Comparison of reconstruction methods: partial (greedy initialization), U-Net completion, hybrid reconstruction, and ground truth (GT). The hybrid approach demonstrates improved structural consistency and closer alignment to the ground truth compared to standalone methods, while the U-Net model tends to generate elongated and structurally inconsistent shapes.

Source of the figure: Author's own work.

5. Discussion

The experimental results reveal fundamental differences between reconstruction and completion tasks. The greedy algorithm, while structurally grounded, is sensitive to local decisions and may converge to incorrect configurations in ambiguous scenarios.

In contrast, the neural network does not reconstruct fragment relationships but instead generates plausible shapes based on learned data distributions. This often results in shape hallucination, where the output deviates from the actual geometry of the artifact.

The hybrid approach successfully addresses these limitations by combining complementary strengths. The greedy method ensures structural coherence, while the neural network refines the overall shape. This synergy results in more accurate and reliable reconstruction outcomes.

6. Conclusion

This paper presents a hybrid approach for the 2D reconstruction of fragmented archaeological artifacts, combining greedy structural assembly with neural network-based completion. The results show that neither geometric nor learning-based methods alone are sufficient for accurate reconstruction.

The proposed framework improves reconstruction performance by integrating structural reasoning with data-driven learning. This approach can serve as a foundation for future intelligent systems in digital archaeology. Future work will focus on real-world datasets and extending the method to three-dimensional reconstruction.

References

1. Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *MICCAI*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
2. Canny, J. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), 679–698.
3. Hu, M. K. (1962). Visual Pattern Recognition by Moment Invariants. *IRE Transactions*.
4. Fischler, M. A., & Bolles, R. C. (1981). Random Sample Consensus. *Communications of the ACM*, 24(6), 381–395.

SYNTHETIC DATASET GENERATION AND PREPROCESSING TECHNIQUES FOR 2D ARTIFACT RECONSTRUCTION

Gvaladze Miranda

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

Abstract

The development of reliable reconstruction methods for fragmented archaeological artifacts critically depends on the availability of representative and well-structured datasets. However, real-world archaeological data is inherently limited, heterogeneous, and often lacks precise ground truth annotations, which restricts both the training and objective evaluation of reconstruction algorithms. This paper addresses these limitations by proposing a systematic framework for synthetic dataset generation and preprocessing tailored for two-dimensional (2D) artifact reconstruction based on silhouette representations.

The proposed approach models artifact shapes as binary silhouettes and simulates realistic fragmentation processes through controlled geometric partitioning, enabling the creation of diverse fragment configurations with varying levels of complexity and ambiguity. In addition, a comprehensive preprocessing pipeline is introduced, including binarization, contour extraction, noise suppression, and normalization, which ensures consistency and robustness of the input data.

Unlike conventional datasets, the synthetic dataset preserves exact ground truth information, allowing quantitative evaluation of reconstruction performance using metrics such as Intersection over Union (IoU) and Dice coefficient. The generated data supports the systematic testing of both geometric and learning-based reconstruction methods, and is particularly suitable for hybrid frameworks that integrate structural reasoning with data-driven models.

The results demonstrate that the proposed dataset and preprocessing strategy provide a stable and reproducible experimental environment, significantly improving the reliability and comparability of reconstruction algorithms. The presented framework establishes a foundational component for advancing intelligent systems in digital archaeology.

1. Introduction

The reconstruction of fragmented archaeological artifacts is a fundamental problem in the field of digital heritage preservation and computer vision. In practice, artifacts are rarely discovered in complete form; instead, they are typically found as disjoint and degraded fragments, often affected by noise, missing parts, and structural ambiguity. This significantly complicates the reconstruction process and requires the development of robust computational approaches [2].

In recent years, artificial intelligence and image-based reconstruction methods have been increasingly applied to this problem. However, the effectiveness of such approaches is strongly dependent on the availability of high-quality and representative datasets. A major limitation in this domain is the scarcity of well-annotated archaeological data, particularly data that includes accurate ground truth representations of complete artifacts. This lack of reliable datasets restricts both the training of machine learning models and the objective evaluation of reconstruction algorithms [4].

To address this limitation, synthetic dataset generation has emerged as a practical and scalable solution. By artificially generating artifact shapes and simulating fragmentation processes, it becomes possible to create controlled datasets with known ground truth. Such datasets enable systematic experimentation and provide a consistent basis for comparing different reconstruction approaches [1].

In the context of two-dimensional (2D) reconstruction, artifacts are commonly represented as binary silhouettes. While this representation simplifies the problem, it also introduces challenges related to the absence of depth information and increased ambiguity in fragment alignment. Therefore, preprocessing becomes a critical step in ensuring that the data is suitable for reconstruction tasks.

This paper proposes a structured framework for synthetic dataset generation and preprocessing tailored specifically for 2D artifact reconstruction. The approach focuses on creating realistic fragment distributions and applying preprocessing techniques such as binarization, contour extraction, noise reduction, and normalization. The generated dataset supports the evaluation of geometric, learning-based, and hybrid reconstruction methods, providing a stable and reproducible experimental environment [3].

2. Methodology

The proposed methodology aims to establish a structured pipeline for generating synthetic datasets and preparing them for two-dimensional (2D) artifact reconstruction tasks. The overall framework consists of two main components: synthetic dataset generation and preprocessing. Each component is designed to ensure consistency, reproducibility, and suitability for both geometric and learning-based reconstruction approaches.

2.1 Synthetic Dataset Generation

The synthetic dataset is constructed to simulate realistic archaeological artifact fragments while preserving full control over the underlying structure. The generation process begins with the creation of base shapes representing artifact silhouettes. These shapes are defined as binary masks, where foreground pixels correspond to the object and background pixels represent empty space.

Fragmentation is simulated through controlled geometric partitioning. Each artifact is divided into multiple fragments using random or structured splitting strategies. The number of fragments, their size distribution, and spatial arrangement are varied to generate datasets of different complexity levels.

To enhance realism, transformations such as rotation, translation, and scaling are applied to individual fragments. This introduces variability and mimics real-world conditions where fragments are arbitrarily positioned. Despite these modifications, the

original complete shape is preserved as ground truth, enabling quantitative evaluation of reconstruction accuracy.

2.2 Preprocessing Pipeline

Preprocessing is a critical stage that prepares fragment data for reconstruction algorithms. The proposed pipeline includes several sequential steps:

2.2.1 Binarization-Input images are converted into binary representations, ensuring that the artifact silhouette is clearly separated from the background. This step reduces the influence of irrelevant visual features and simplifies further analysis.

2.2.2 Contour Extraction-Contours are extracted from binary masks to capture the geometric boundaries of each fragment. These contours serve as essential descriptors for fragment matching, alignment, and compatibility estimation.

2.2.3 Noise Reduction-Noise introduced during generation or acquisition is removed using filtering techniques. This improves the stability of contour detection and reduces errors in subsequent processing stages.

2.2.4 Normalization-Fragments are normalized with respect to scale, orientation, and position. This ensures consistency across the dataset and facilitates fair comparison between different reconstruction methods.

2.3 Evaluation Setup

The generated dataset is designed to support systematic evaluation of reconstruction algorithms. Since ground truth shapes are available, reconstruction performance can be assessed using quantitative metrics such as Intersection over Union (IoU) and Dice coefficient. These metrics measure the similarity between reconstructed outputs and original artifact shapes.

The proposed methodology enables controlled experimentation by allowing variation in dataset complexity, fragment distribution, and preprocessing parameters. This makes it suitable for evaluating greedy, deep learning-based, and hybrid reconstruction approaches under consistent conditions.

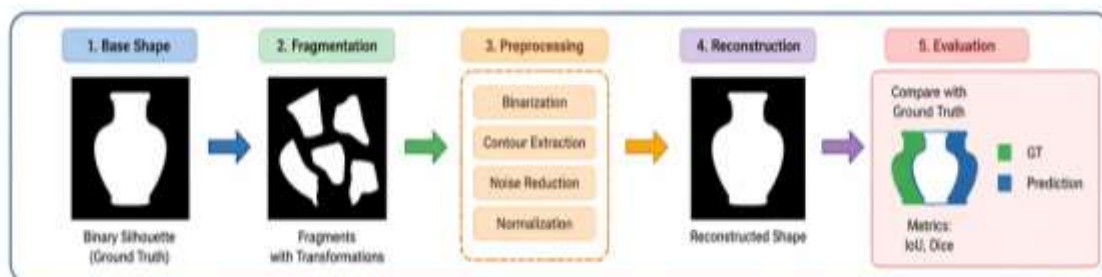


Figure 1. Synthetic dataset generation and preprocessing pipeline for 2D artifact reconstruction.

Source: Author's own work.

3. Results and Discussion

The proposed synthetic dataset generation and preprocessing framework was evaluated through a series of controlled experiments aimed at assessing its

effectiveness for 2D artifact reconstruction tasks. The generated dataset enabled the application of different reconstruction approaches, including geometric (greedy-based), learning-based (U-Net), and hybrid methods.

Quantitative evaluation was performed using Intersection over Union (IoU) and Dice coefficient. The results indicate that the greedy reconstruction approach achieves moderate accuracy (IoU \approx 0.44, Dice \approx 0.61), demonstrating its effectiveness in structural alignment tasks. In contrast, the learning-based approach based on U-Net shows lower performance (IoU \approx 0.21, Dice \approx 0.34), primarily due to its tendency to perform shape completion rather than precise fragment-based reconstruction.

The hybrid approach, which combines geometric alignment with learning-based refinement, demonstrates improved performance in several cases, achieving higher IoU values and more coherent reconstructions. This confirms that combining structural and data-driven strategies can significantly enhance reconstruction quality.

The results also highlight the importance of preprocessing. Accurate binarization, contour extraction, and normalization directly impact the stability and performance of reconstruction algorithms. The synthetic dataset provides a controlled environment where these effects can be systematically analyzed.

4. Conclusion

This paper presented a structured framework for synthetic dataset generation and preprocessing for two-dimensional artifact reconstruction. The proposed approach addresses the limitations of real-world archaeological data by providing controlled, diverse, and reproducible datasets with known ground truth.

The experimental analysis demonstrates that synthetic datasets significantly improve the evaluation and comparison of reconstruction methods. The results confirm that while geometric approaches provide stable baseline performance, learning-based methods require carefully designed datasets and preprocessing to achieve reliable results. Hybrid approaches show strong potential by combining the advantages of both paradigms.

The proposed framework contributes to the development of more reliable and interpretable reconstruction systems and can serve as a foundation for future research in digital archaeology and computer vision.

References

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
2. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, 2015.
3. Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 2010.
4. Russell, S., Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2020.

DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORK-BASED CHATBOTS: IMPLEMENTATION FEATURES AND CHALLENGES

Kryvenko Oleksii,
Postgraduate student
Kyiv National Economic University

Modern chatbot development has shifted from rigid rule-based algorithms (if-then) to Large Language Models (LLMs) based on the Transformer architecture. The key feature is the Self-Attention mechanism, which allows the neural network to weigh the importance of different parts of the input data and consider the context of the entire dialogue rather than just the immediate query. This ensures linguistic naturalness and the ability to process complex semantic structures, [1].

The most effective method for deploying chatbots in a business environment is Retrieval-Augmented Generation (RAG) technology. Instead of relying solely on the model's internal pre-trained knowledge, the bot first performs a semantic search within a company's vector database, retrieves relevant documents, and generates a response based on that specific context. This approach minimizes "hallucinations" and allows the system to operate with real-time data without the need for constant model retraining, [2].

For highly specialized domains (e.g., medicine, law), Fine-tuning is employed to align the model with specific terminology. Since full-parameter training is computationally prohibitive, developers utilize Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT) methods, such as LoRA (Low-Rank Adaptation). This technique involves modifying only a tiny subset of the neural network's weights, maintaining high performance while drastically reducing the required computational power (VRAM/GPU), [3].

A primary obstacle in implementing neural network bots is hallucination—the generation of facts that appear plausible but are objectively false. This stems from the probabilistic nature of models (predicting the next token). To mitigate this, developers implement multi-stage verification techniques like Chain-of-Thought (CoT) prompting and integrate external fact-checking tools via API to cross-reference generated outputs, [4].

Deploying neural network chatbots requires substantial infrastructure. The choice between utilizing Cloud APIs (e.g., OpenAI, Azure) and self-hosting Open Source models (e.g., Llama 3) depends on the balance between cost-per-token and data privacy requirements. Optimization techniques like Quantization (reducing the precision of model weights) allow for running sophisticated models on consumer-grade hardware without a significant degradation in response quality, [5].

The development of neural network-based chatbots is evolving from simple text generation toward the creation of sophisticated autonomous agents. Despite significant challenges such as hallucinations and high infrastructure costs, the implementation of

architectural solutions like RAG and parameter-efficient fine-tuning (PEFT) allows for these drawbacks to be mitigated. The future of the field lies in the synergy between the precision of retrieval systems and the linguistic flexibility of LLMs, ensuring the creation of secure, scalable, and truly intelligent interfaces for human-technology interaction.

References:

1. Vaswani, A., et al. (2017). Attention is All You Need. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1706.03762> (accessed: 15.04.2026)
2. IBM. (2024). What is Retrieval-Augmented Generation (RAG)? IBM Topics. <https://www.ibm.com/topics/retrieval-augmented-generation> (accessed: 15.04.2026)
3. Hu, E. J., et al. (2021). LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2106.09685> (accessed: 15.04.2026).
4. Ji, Z., et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. ACM Computing Surveys. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3571730> (accessed: 16.04.2026).
5. Kwon, W., et al. (2023). Efficient Memory Management for Large Language Model Serving with PagedAttention. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2309.06180> (accessed: 16.04.2026).

FORMALIZATION OF FABRIC RECYCLING METHODS DEPENDING ON RAW MATERIAL COMPOSITION FOR INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS.

Zahorodnia Anastasiia,
Bachelor's student of
Computer Science Department,
Khmelnyskyi National University

Tymofiiev Illia,
Junior Research Fellow, Postgraduate student of
Computer Science Department,
Khmelnyskyi National University

Molchanova Maryna,
Ph.D in Computer Science, Senior Lecturer of
Computer Science Department,
Khmelnyskyi National University

Mazurets Oleksandr,
Ph.D in Engineering Science, Associate Professor of
Computer Science Department,
Khmelnyskyi National University

In the current conditions of transition to a circular economy, the textile industry is one of the most problematic in terms of waste generation, material reuse and reduction of anthropogenic load on the environment [1]. A significant proportion of textile products after the end of their life cycle end up in mixed waste streams, which complicates the reuse of fibers, reduces the quality of secondary raw materials and increases the cost of sorting [2]. A recent publication based on materials from your scientific school emphasized that in the EU alone, more than 5 million tons of textile waste are generated annually [3], and the lack of effective sorting mechanisms directly limits the possibilities of high-quality recycling [4].

The relevance of the topic is enhanced by the fact that traditional determination of fabric composition during sorting [4] is often performed manually or requires the use of expensive laboratory equipment, in particular spectroscopic systems. A review of current research shows that automated sorting of textile waste increasingly combines machine learning, deep learning, computer vision, and spectral analysis methods, but key unresolved issues include mixed fiber recognition, the lack of open representative datasets, and the need for hybrid decision-making models [5].

Of particular interest is the use of computer vision and convolutional neural networks in image-based fabric classification tasks. Such approaches are attractive due

to their relatively low implementation cost, scalability, and the ability to be integrated into applied digital decision support systems [6, 7]. Research in the field of machine vision for textile sorting demonstrates that modern models are capable of achieving high accuracy even in challenging conditions, when objects have deformations, overlaps, or similar visual characteristics. For example, in work on automated classification of used clothing for recycling, the proposed approach increased accuracy to a level of over 90%, close to human, on a sample of about 27 thousand samples.

The aim of the work is to formalize the methods of processing fabrics depending on the raw material composition for further use in intelligent decision support systems. To achieve this goal, it is advisable to: identify informative features by which it is possible to establish the belonging of the material to a certain raw material class; form a formalized representation of processing options; build a rule or set of rules for choosing the recommended method of handling the material; determine the place of the computer vision module in the general architecture of the decision support system; and also assess the practical suitability of such an approach based on experimental results of fabric classification.

Within the framework of the study, the decision-making process regarding the further handling of a textile product is presented in the form of a formalized sequence of interconnected stages, which includes the analysis of input data, identification of the raw material composition of the material, assessment of the reliability of the classification conclusion, determination of a rational method of processing or reuse, and formation of an explained recommendation for the decision support system [8]. Unlike approaches that are limited to image classification, the central point here is the formalized connection between the identified composition of the material and the recommended scenario for its further processing.

Let the textile object be described by a vector of observations $X = \{I, M, S\}$, where I – fabric image, M – product metadata available, S – signs of the physical condition of the material, in particular the degree of wear, the presence of contamination, damage or deformation. Then the classification module forms an assessment of belonging to the class of raw material composition $C \in \{\textit{natural}, \textit{synthetic}, \textit{blended}, \textit{uncertain}\}$. In the current experimental setup, the basic recognition is based on two classes – «natural» and «synthetic», which corresponds to the available training sample. At the same time, for the decision support system it is advisable to immediately establish the classes “blended” and «uncertain», since in real waste streams mixed fabrics and uncertain cases are typical. Let $P(C|X)$ – posterior probability distribution generated by the computer vision model. Then the initial decision about the material class can be determined by the rule $C^* = \operatorname{argmax} P(C|X)$. However, for industrial or semi-industrial use, this is not enough. If the maximum probability is lower than the threshold value τ , the system should not automatically issue a final recommendation, but should transfer the sample to additional verification mode: *if $\max P(C|X) < \tau$ then expert/manual inspection*. This rule reduces the risk of misdirecting material into the wrong recycling channel.

The next level of formalization is related to the choice of how to handle the material. Let the set of possible solutions be $R = \{\textit{reuse}, \textit{mechanical recycling},$

chemical recycling, downcycling, energy recovery, manual inspection}. Then the decision support function can be given as $R^* = g(C^*, q, d, u)$, where q – sample quality assessment, d – degree of damage, u – classifier confidence level.

For natural materials in satisfactory condition, it is advisable to prioritize reuse or mechanical processing, since such fabrics are able to retain useful properties after sorting and shredding. For synthetic materials, mechanical processing of polymer raw materials is more relevant, and in some cases, chemical processing, especially when it comes to restoring polyester or similar fibers. If the material has significant contamination or low quality, but its composition is determined with confidence, the system can recommend «downcycling» – conversion into lower-value, but functionally suitable products, such as insulation or filling materials. For doubtful or mixed cases, «manual inspection» is the priority.

Thus, the proposed formalization transfers the task from the plane of conventional classification to the plane of multi-step intelligent selection. In practical terms, this means that the system should not only recognize the type of fabric, but also reasonably suggest the most appropriate scenario for its further use. This approach better meets the needs of real sorting of textile waste than models that are limited only to the output of the class name.

To test this approach, the results of experimental classification of fabrics by images, given in the downloaded material, can be used. In it, the «FabricsDataset» set containing 3108 images divided into classes of natural and synthetic materials was used for the study; the sample was distributed in the ratio of 80% / 20% to the training and validation parts. A CNN model was used for the task, including convolution, subsampling, global averaging and Dropout regularization blocks. 97.59% accuracy was obtained on the training sample and 97.58% on the validation sample; the loss function values were 0.075 and 0.081, respectively. In addition to classification, the software implementation provides for the formation of a block of recommendations for further handling of the material.

These results are important for two reasons. First, they confirm that visual features of fabrics can be sufficiently informative for reliable binary distinction of raw material classes without the use of complex laboratory infrastructure. Second, they create a practical basis for the transition from the task of «classifying images» to the task of «forming a recommendation for processing» [9]. This is precisely the methodological content of an intelligent decision support system: the classification module acts as a source of formalized features, and the recommendation module is a means of transforming these features into an applied solution [10]. The prospects of this direction are also confirmed by the latest results of deep tissue analysis. In a related work in 2025 on an open dataset of 3107 microimages of fabrics, the ViT and ConvNeXt models achieved an accuracy of 0.9984 and an F1-score of 0.9984, which indicates the great potential of modern computer vision architectures for automated sorting of textile materials. At the same time, the authors directly point out the complex cases associated with striped and ribbed patterns, and also emphasize the need for further data diversification and multi-scale analysis.

Given this, it is advisable to direct the further development of the proposed formalization in several directions. The first is the expansion of the set of classes to mixed compositions with a partial assessment of the dominant component. The second is the integration of additional sources of information, such as text marks, labels, spectral data or manual expert confirmation for borderline cases. The third is the implementation of explainability of decisions, when the system, along with the recommendation, indicates which visual features most influenced the classification and why this particular channel of further processing was chosen [11, 12]. The fourth is the construction of an economic selection criterion, under which, among several permissible processing scenarios, the system will choose the one that provides the highest environmental and production feasibility.

The practical significance of the proposed approach lies in the fact that it can be used in digital services for light industry enterprises, sorting lines, eco-centers, textile waste collection points, as well as in educational or consumer mobile applications. For industrial users, the system can serve as a pre-sorting tool, for environmental initiatives - a means of supporting responsible consumption, and for researchers - a platform for accumulating and analyzing new data on the behavior of textile materials in secondary raw material flows.

Thus, the formalization of fabric processing methods depending on the raw material composition is a reasonable basis for building intelligent decision-making support systems in the field of textile recycling. The proposed approach combines a visual fabric recognition module with a rule-based or hybrid mechanism for selecting the recommended method of further handling of the material. Unlike conventional classification systems, such a model is focused not only on identifying.

References:

1. Faghih, E., Saki, Z., & Moore, M. (2025). A systematic literature review – AI-enabled textile waste sorting. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17104264>
2. Tsai, P.-F., & Yuan, S.-M. (2025). Using infrared Raman spectroscopy with machine learning and deep learning as an automatic textile-sorting technology for waste textiles. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s25010057>
3. Tian, R., et al. (2024). Qualitative classification of waste garments for textile recycling based on machine vision and attention mechanisms. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.04.040>
4. Molchanova, M., Didur, V., Mazurets, O., Sobko, O., & Zakharkevich, O. (2025). Method for construction and demolition waste classification using two-factor neural network image analysis. In *CEUR Workshop Proceedings (Vol. 3970, pp. 168–182)*. <https://ceur-ws.org/Vol-3970/PAPER14.pdf>
5. Mazurets, O., Molchanova, M., Shurypa, M., & Sobko, O. (2026). Devising a neural-network method for assessing the condition of destroyed buildings using images from unmanned aerial vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(2(139)), 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.351605>

6. Mushtyn, O., Sobko, O., Molchanova, M., & Mazurets, O. (2025, June 9–11). Convolutional neural network architecture for image-based architectural style recognition. In Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference: Evolving Science: Theories, Discoveries and Practical Outcomes (pp. 130–143). Zurich, Switzerland. https://www.eoss-conf.com/wp-content/uploads/2025/06/Zurich_Switzerland_09-06-25.pdf
7. Didur, V. O., Molchanova, M. O., Tyschenko, O. O., & Mazurets, O. V. (2025, May 16). Approach for comparative analysis of effectiveness of using MobileNetV3 and ViT neural network models for graphical localization of destroyed buildings remains areas. In Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference: Formation of Innovative Potential of World Science (pp. 94–97). Waterford, Ireland. <https://previous.scientia.report/index.php/archive/issue/view/16.05.2025/136>
8. Hladun, O., Zalutska, O., Klimenko, V., & Mazurets, O. (2025, May 12–14). Research on the effectiveness of classifying the remains of destroyed buildings using MobileNetV3 neural network architecture. In Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference: Innovations in Science: From Theoretical Foundations to Practical Impact (pp. 158–162). Antwerp, Belgium. https://www.eoss-conf.com/wp-content/uploads/2025/05/Antwerp_Belgium_12.05.25.pdf
9. Didur, V., Molchanova, M., & Mazurets, O. (2025, May 26). Research on the effectiveness of neural network detection of plots with the destroyed buildings remains. In Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference: Modern technologies and science: Problems, new and relevant developments (pp. 245–251). Zaragoza, Spain. <https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2025/05/MODERN-TECHNOLOGIES-AND-SCIENCE-PROBLEMS-NEW-AND-RELEVANT-DEVELOPMENTS.pdf>
10. Malaydakh, V., Molchanova, M., Shevchuk, P., & Mazurets, O. (2025, May 26–28). Deep learning neural network architecture for determining sunflower growth stage from visual data. In Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference: Modern scientific research: Theoretical and practical aspects (pp. 143–148). Riga, Latvia. https://www.eoss-conf.com/wp-content/uploads/2025/05/Riga_Latvia_26.05.25.pdf
11. Zalutska, O., Mazurets, O., & Molchanova, M. (2025, November 21). Efficiency analysis of wrecking waste classification using neural network. In Proceedings of the 12th International Conference: Information Technology and Implementation (Satellite) (pp. 142–143). Kyiv, Ukraine.
12. Kharysh I., Sobko O., & Mazurets O. (2024). Designing CNN Neural Network Model for Detecting Fractures of Lower Extremities by X-ray Images. The Impact of Scientific Research on the Development of the Modern World. Proceedings of the XLIV International scientific and practical conference. Dubrovnik, Croatia, 91-96.

ADVANCED MODELLING OF THERMAL STRATIFICATION DYNAMICS AND BUOYANCY- DRIVEN TRANSPORT IN DISPLACEMENT VENTILATION FOR CLEANROOM APPLICATIONS

Burda Yurii,
PhD, Associate Professor

Introductions. The management of indoor thermal environments under displacement ventilation has received increasing attention due to its combined influence on energy consumption, occupant comfort, and contaminant transport. Displacement ventilation establishes stratified airflow layers that inherently separate cooler supply air from warmer, buoyancy-driven plumes arising from internal heat sources. The efficiency of such systems depends on the interplay between supply velocity, internal heat load, and transient disturbances, which collectively dictate both thermal stratification and contaminant removal effectiveness.

In [1] it is shown that high-fidelity CFD analysis allows simultaneous evaluation of multiple ventilation strategies, including mixing, displacement, and stratum ventilation, revealing trade-offs between energy efficiency, vertical temperature gradients, and airborne contaminant control. The study emphasizes that buoyancy-driven motion significantly governs stratification development and that misalignment between airflow and thermal plumes can reduce contaminant evacuation performance.

Complementary engineering perspectives are offered in [2], where quality control strategies for heat, gas supply, and ventilation systems are discussed. The work underscores that operational reliability and sustainability are directly linked to maintaining predictable thermal stratification and energy-efficient airflow distribution, highlighting the practical constraints faced during system design and deployment.

Extending this operational focus, [3] demonstrates that integrating energy management protocols and certification practices in building design enhances the predictability of thermal performance while ensuring compliance with regulatory standards. Effective energy management is shown to support stable buoyancy-driven airflow patterns that are critical for stratified displacement systems.

Dynamic perturbations arising from occupant movement and transient heat loads are further explored in [4]. Here, numerical simulations illustrate that vertical thermal gradients are sensitive to moving sources, which can locally disrupt stratification, accelerate contaminant mixing, and modify plume structure, suggesting that real-world displacement ventilation requires consideration of time-varying disturbances.

In [5] the predictive capability of unsteady-state models is demonstrated for large indoor spaces. The study uses a Block-Gebhart approach to quantify vertical temperature distribution and stratified air-conditioning load under non-stationary conditions, offering practical guidance for cleanroom-like environments where transient thermal management is critical for both comfort and contaminant control.

Finally, a systematic review in [6] consolidates simplified modelling approaches for displacement ventilation, highlighting the physical mechanisms controlling vertical stratification and contaminant transport. The review emphasizes that reduced-order models can retain predictive power while facilitating parametric exploration of airflow, heat sources, and environmental interactions, thus forming a robust foundation for advanced thermal-transport analysis in controlled containment applications.

Aim. The aim of this study is to develop an advanced numerical framework to analyze the coupled dynamics of thermal stratification and buoyancy-driven contaminant transport in cleanrooms operating under displacement ventilation, with emphasis on predicting transient airflow and temperature distributions for optimized environmental control.

Materials and methods. The methodological framework was constructed to capture transient thermal and contaminant transport phenomena in displacement-ventilated cleanrooms using an advanced numerical approach. The model emphasizes the coupling between buoyancy-driven airflow, internal heat sources, and contaminant redistribution, while remaining computationally tractable for parametric analysis and engineering evaluation.

Buoyancy-modified airflow velocity in stratified layers:

$$u(z) = \sqrt{\frac{g\beta_0\Delta T(z)H}{\epsilon + 1}} \quad (1)$$

where $u(z)$ — local vertical airflow velocity at height z (m·s⁻¹);

g — gravitational acceleration (9,81 m·s⁻²);

β_0 — thermal expansion coefficient of air (K⁻¹);

$\Delta T(z)$ — local temperature difference between plume and ambient (K);

H — reference vertical length scale of the room (m);

ϵ — empirical damping coefficient accounting for viscous dissipation (dimensionless)

This equation estimates the upward momentum induced by buoyancy in stratified layers, providing the basis for subsequent contaminant transport modeling.

Time-dependent energy balance in stratified control volumes:

$$\rho c_p V \frac{\partial T(z, t)}{\partial t} = Q_{gen}(z) - \rho c_p A u(z) \frac{\partial T(z, t)}{\partial t} \quad (2)$$

where ρ — air density (kg·m⁻³);

c_p — specific heat capacity of air (J·kg⁻¹·K⁻¹);

V — volume of the stratified layer (m³);

$T(z, t)$ — air temperature at height z and time t (°C);

$Q_{gen}(z)$ — internal sensible heat generation rate within layer (W);

A — cross-sectional area normal to vertical flow (m²);
u(z) — vertical velocity from Equation 1 (m·s⁻¹).

This formulation captures the transient evolution of temperature in each stratified layer, including convection driven by buoyancy.

Advection-diffusion of airborne contaminants:

$$\frac{\partial C(z, t)}{\partial t} + u(z) \frac{\partial C(z, t)}{\partial z} = D \frac{\partial C(z, t)}{\partial z^2} + \frac{S(z, t)}{V} \quad (3)$$

where C (z, t) — contaminant concentration at height zzz and time t (particles·m⁻³);
u(z) — vertical velocity from Equation 1 (m·s⁻¹);
D — turbulent diffusivity coefficient (m²·s⁻¹);
S (z, t) — contaminant source strength in layer (particles·s⁻¹);
V — layer volume (m³).

This equation describes contaminant redistribution by buoyancy-driven advection and vertical diffusion within each stratified layer, accounting for local generation sources.

Results and discussion. The advanced numerical model was applied to a medium-scale cleanroom operating under displacement ventilation with moderate internal heat loads, with the objective of capturing the intricate interplay between buoyancy-driven airflow, stratified thermal layers, and contaminant transport. Unlike conventional steady-state analyses, this simulation accounts for the transient, height-dependent nature of vertical velocity induced by thermal plumes, the time-evolving temperature distribution within stratified layers, and the advection-diffusion behavior of airborne particles. By integrating these processes, the model allows evaluation of how small variations in supply intensity, internal heat generation, and turbulent diffusivity propagate through the system to influence both comfort and contamination risk. This approach emphasizes that displacement ventilation does not simply produce linear or uniform responses; rather, local velocity enhancements can amplify convective heat removal while simultaneously accelerating contaminant evacuation, yet the effect is non-linear and subject to diminishing returns at higher velocities. The table below synthesizes these key interdependencies, presenting simulated values of vertical airflow velocity, upper-layer temperature, and contaminant concentration, thereby providing a comprehensive snapshot of the coupled thermodynamic and transport behavior under realistic cleanroom operating conditions. It serves as a foundational dataset for parametric analysis, sensitivity assessment, and visualization of operational regimes that optimize both environmental quality and energy efficiency.

Furthermore, the dataset highlights how subtle changes in local buoyancy forces can disproportionately affect both thermal gradients and particle distribution, emphasizing the importance of precise airflow management in sensitive environments. It also provides a benchmark for validating reduced-order models and simulations, ensuring that predictive tools capture the non-linear interactions inherent in displacement-ventilated cleanrooms.

Table 1.

Simulated vertical airflow velocity, upper-layer temperature, and contaminant concentration in a displacement-ventilated cleanroom

No	Vertical velocity, $u(z)$, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Upper-layer temperature, $^{\circ}\text{C}$	Upper-layer temperature, $^{\circ}\text{C}$
1	0.15	24.7	430
2	0.21	24.2	412
3	0.26	23.8	395
4	0.31	23.5	379
5	0.37	23.1	363
6	0.44	22.8	348
7	0.52	22.5	335
8	0.61	22.3	322
9	0.71	22.0	309
10	0.82	21.8	297

The results reveal that increasing buoyancy-driven vertical velocity significantly enhances convective heat extraction from the upper stratified layer, producing a non-linear decrease in temperature. Similarly, contaminant concentration diminishes with higher vertical velocity, though the rate of reduction decelerates at elevated velocities, indicating a saturation effect where advection dominates over turbulent diffusion. The coupled analysis confirms that thermal stratification and contaminant removal are interdependent: efficient upward flow promotes both temperature homogenization in the upper region and accelerated evacuation of airborne particles. Operationally, maintaining vertical velocities between 0.44 and $0.61 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ achieves a balance between thermal control and contaminant clearance, optimizing both environmental quality and energy use.

Conclusions. The simulated results confirm that buoyancy-driven vertical airflow is the primary mechanism governing both thermal stratification and contaminant removal in displacement-ventilated cleanrooms. Increased vertical velocity promotes more efficient upward transport of heat and airborne particles from the occupied lower zone to the extraction region.

Upper-layer temperatures decrease non-linearly with rising vertical velocity, demonstrating that convective heat removal is most effective within intermediate velocity ranges, beyond which additional airflow produces diminishing thermal benefit.

Contaminant concentration exhibits a comparable non-linear reduction, indicating that particle evacuation efficiency is strongly coupled to the magnitude of buoyancy-induced vertical motion, with diminishing returns at high velocities where advection dominates over turbulent diffusion.

The dataset confirms that thermal stratification and contaminant transport are interdependent: stabilization of vertical temperature gradients enhances plume-driven

contaminant removal, highlighting the importance of maintaining controlled stratification for operational reliability.

Operational analysis suggests that vertical velocities between 0.44 and 0.61 m·s⁻¹ optimize both upper-layer thermal control and particle clearance, balancing environmental quality and energy efficiency.

References:

1. Hatif, I. H., Wong, K. Y., Al-Rikabi, I. J., Tan, H., Kek, H. Y., Hawas, M. N., Zhang, M., Zhang, J., & Cai, T. (2025). A multi-criteria CFD investigation of mixing, displacement, and stratum ventilation: Trade-offs between energy efficiency, thermal comfort, and airborne infection control. *Building and Environment*, 289, 114042. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.114042>
2. Burda Yurii, Vanian Artur. Quality Control in Heat, Gas Supply, And Ventilation Systems: Ensuring Energy Efficiency, Reliability, And Sustainability in Construction. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Valencia, Spain. 2025. Pp. 62-67 URL: <https://isg-konf.com/technologies-theories-and-developments-modern-scientific-teaching/>
3. Burda Y. Integrating energy management and certification practices in building design and operation. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria. 2025. Pp. 8-12 URL: <https://isg-konf.com/the-latest-technologies-implemented-and-teaching-in-universities/>
4. Lu, F., Lingjun, X., Min, C., Yan, W., & Naiping, G. (2023). Dynamic effects of occupant motion on indoor vertical thermal stratification in the displacement ventilation system. *Energy and Buildings*, 304, 113843. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113843>
5. Miao, Y., Huang, C., Zhu, J., Yang, T., Zou, Z., & Wang, F. (2026). Prediction of thermal environment and stratified air-conditioning load in existing large spaces based on unsteady-state Block-Gebhart model. *Building and Environment*, 291, 114267. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2026.114267>
6. Tognon, G., & Zarrella, A. (2024). Displacement ventilation: A systematic review of the interactions with indoor environment and simplified modelling approaches. *Journal of Building Engineering*, 96, 110474. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110474>

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАГРОЗ

Зубенко Світлана Олегівна

старший викладач кафедри електромеханічних та комп'ютерних систем
Бахмутський навчально-науковий професійно-педагогічний інститут
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

У цифрову епоху персональні дані стали стратегічним ресурсом, що потребує комплексного захисту. Актуальність цієї проблеми зумовлена тим, що сучасне інформаційне середовище характеризується численними загрозами, здатними поставити під загрозу конфіденційність і цілісність інформації. До основних чинників відносяться технічні вразливості, людський фактор, вплив стихійних подій, поширення дезінформації та несанкціонований доступ до інформаційних систем [1].

За даними офіційного звіту Системи виявлення вразливостей і реагування на кіберінциденти (СВВ) за 2023 рік, в Україні було опрацьовано близько 18 мільярдів подій телеметрії, серед яких виявлено 133 мільйони підозрілих подій інформаційної безпеки та опрацьовано 148 тисяч критичних подій, що потенційно могли бути кіберінцидентами. Безпосередньо аналітиками було зафіксовано та оброблено 1105 кіберінцидентів, що на 62,5 % більше, ніж у 2022 році [2]. У 2024 році Система виявлення вразливостей і реагування на кіберінциденти та кібератаки опрацьовала близько 3 мільйонів подій інформаційної безпеки, з яких 28 тисяч були критичними та потребували негайного втручання фахівців. У результаті аналізу було виявлено та опрацьовано 1042 кіберінциденти. Найпоширенішими типами подій стали: шкідливе програмне забезпечення (58,8% від усіх подій), спроби втручання в системи (17,6%), збір інформації зловмисниками (12,1%), інші типи подій (8,3%), порушення властивостей інформації (2,7%) та порушення доступності систем (0,5%) [3].

Комплексний підхід до захисту персональних даних передбачає впровадження кількох взаємопов'язаних рівнів безпеки:

- правовий рівень – включає створення та вдосконалення законодавчої бази, гармонізацію з міжнародними стандартами. У межах цього рівня важливо не лише встановлювати норми та вимоги, а й забезпечувати контроль за їх виконанням, відповідальність за порушення та постійне оновлення нормативної бази відповідно до нових викликів кібербезпеки.

- технічний рівень – охоплює застосування сучасних засобів захисту інформаційних систем, таких як шифрування, багатфакторна автентифікація, системи виявлення вторгнень, резервне копіювання, а також захист хмарних середовищ і автоматизацію реагування на інциденти. Тут також важливе

впровадження регулярного оновлення програмного забезпечення, тестування систем на проникнення та контроль доступу для зменшення ризиків від відомих та нових загроз.

- організаційний рівень – реалізується через розробку регламентованих політик, аудит доступів, призначення відповідальних осіб, впровадження планів реагування на інциденти, застосування принципу мінімальних прав доступу та регулярне оновлення процедур. Додатково важливим аспектом є створення внутрішньої культури безпеки, формування чітких алгоритмів дій персоналу під час інцидентів та регулярні навчання для всіх працівників організації.

- освітній рівень – передбачає підвищення цифрової грамотності користувачів, проведення тренінгів з кібергігієни, моделювання фішингових атак та ознайомлення із сучасними схемами соціальної інженерії. Крім того, важливо впроваджувати постійний моніторинг знань користувачів та перевірку їх практичних навичок для своєчасного виявлення слабких місць і запобігання інцидентам, пов'язаним з людським фактором.

Ефективність комплексного підходу оцінюється шляхом аудиту безпеки, тестування на проникнення, аналізу кількості успішних і невдалих атак, а також шляхом опитувань чи досліджень рівня обізнаності громадян щодо захисту власних персональних даних.

Технологічні тренди у захисті персональних даних включають застосування штучного інтелекту для автоматичного виявлення аномалій, прогнозування загроз та реагування на інциденти; використання блокчейн-технологій для забезпечення прозорості і незмінності записів; ширше впровадження багатфакторної автентифікації, резервного копіювання та захисту хмарних середовищ; а також автоматизацію процесів моніторингу і реагування, що дозволяє скоротити час реагування на загрози та підвищити ефективність заходів безпеки.

Таким чином, лише системна інтеграція правових, технічних, організаційних та освітніх заходів, підсилених точковими технологічними інноваціями та реальним моніторингом статистичних даних, може забезпечити належний рівень захисту персональних даних, знизити ризики витоків та шкоди, сформувати культуру безпечного поводження з інформацією та підвищити довіру громадян до цифрового середовища.

Список використаних джерел

1. Класифікація загроз безпеці та пошкодження даних у комп'ютерних системах. – Київський університет імені Б. Грінченка. – URL: <https://kievoit.ipko.kubg.edu.ua/kievoit/2013/102/102.html>
2. Звіт за результатами роботи Системи виявлення вразливостей (СВВ) за 2023 рік – URL: <https://scpc.gov.ua/uk/articles/334>
3. Річний звіт Системи виявлення вразливостей (СВВ) за 2024 рік – URL: <https://scpc.gov.ua/api/files/72e13298-4d02-40bf-b436-46d927c88006>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ І ВРАЗЛИВОСТЕЙ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Черниш Юлія Олександрівна,

старший науковий співробітник,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Терещенко Тетяна Павлівна,

старший науковий співробітник,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та широкого впровадження систем штучного інтелекту (Artificial Intelligence, далі – AI) у різні сфери діяльності особливої актуальності набуває питання забезпечення їх безпеки. AI-системи є складними соціотехнічними комплексами, що включають дані, алгоритми машинного навчання, програмну інфраструктуру, зовнішні сервіси та інтерфейси взаємодії з користувачем, що зумовлює появу нових класів загроз [1; 2], які виходять за межі традиційної інформаційної безпеки.

Однією з ключових загроз сучасних AI-систем є атаки на дані, зокрема отруєння навчальних вибірок (data poisoning). Такі атаки передбачають внесення шкідливих або спотворених даних у процес навчання моделі, що може призвести до некоректної роботи системи або появи прихованих уразливостей [2; 3]. Особливо небезпечними ці атаки є для систем, що використовують відкриті або слабо контрольовані джерела даних.

Іншою важливою категорією є атаки ухилення (adversarial attacks), які реалізуються на етапі експлуатації моделей. Вони полягають у створенні спеціально модифікованих вхідних даних, що вводять модель в оману, зберігаючи при цьому зовнішню схожість із нормальними даними [2; 4]. У системах комп'ютерного зору це можуть бути незначні зміни пікселів, а в системах обробки природної мови – маніпулятивні текстові запити.

Значну загрозу становлять також атаки на конфіденційність, такі як інверсія моделі, витягування моделі та визначення належності даних до навчального набору. Використовуючи багаторазові запити до API, зловмисник може відновити чутливу інформацію або частково відтворити модель. Це створює серйозні ризики для систем, що працюють із персональними або фінансовими даними [1; 2; 3].

Окрему групу становлять загрози, характерні для генеративних моделей і великих мовних моделей (англ. Large Language Model, LLM), зокрема ін'єкції запитів (prompt injection), небезпечна обробка вихідних даних, атаки відмови в обслуговуванні та вразливості ланцюга постачання. Їх небезпека полягає в можливості несанкціонованого впливу на поведінку моделі та компрометації

всієї інформаційної системи [5]. Узагальнення сучасних загроз безпеки AI-систем та оцінка їх поширеності наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Характеристика сучасних загроз безпеки систем штучного інтелекту

Тип загрози	Короткий опис	Орієнтовна поширеність / вплив
Data poisoning	Внесення шкідливих даних у навчальні набори	30-40% моделей вразливі без контролю даних
Adversarial attacks	Модифіковані вхідні дані, що вводять модель в оману	до 80-90% успішності атак у CV-задачах
Model inversion / extraction	Відновлення моделі або даних через API	до 60% ML-сервісів мають ризики витоку
Prompt injection (LLM)	Маніпуляція запитом для зміни поведінки моделі	понад 75% інцидентів у LLM
Model DoS	Перевантаження моделі ресурсоемними запитом	зростаюча загроза у хмарних AI-сервісах
Supply chain vulnerabilities	Компрометація бібліотек, моделей, датасетів	критичний ризик у сучасних AI-проектах

Як видно з таблиці, найбільш критичними є атаки на дані та поведінку моделей, що безпосередньо впливають на коректність прийняття рішень [2; 3; 5].

Механізми реалізації атак на AI-системи пов'язані з особливостями машинного навчання. На відміну від традиційного програмного забезпечення, поведінка моделі формується на основі даних, що відкриває можливості для атак на різних етапах її життєвого циклу: під час збору даних, навчання, розгортання та експлуатації [1; 4]. Важливу роль відіграє також рівень обізнаності зловмисника (white-box, black-box, gray-box моделі атак), що визначає складність та ефективність атак [2; 4].

Забезпечення безпеки AI-систем потребує комплексного підходу, який охоплює всі етапи їх життєвого циклу. На етапі проектування важливими є управління ризиками, моделювання загроз та впровадження принципів secure-by-design. Під час роботи з даними необхідно забезпечити контроль їх походження, цілісності та якості. На етапі розроблення доцільно використовувати практики безпечного MLOps (Machine Learning Operations), включаючи версіонування, аудит змін і тестування на стійкість до атак [3].

На етапі розроблення доцільно використовувати практики безпечного MLOps, включаючи версіонування, аудит змін і тестування на стійкість до атак, що відповідає підходам, визначеним у MITRE ATLAS (Adversarial Threat Landscape for Artificial-Intelligence Systems) та стандарті ISO/IEC 27001 щодо управління інформаційною безпекою [6; 7].

Під час експлуатації необхідно забезпечити постійний моніторинг поведінки моделі, виявлення аномалій та реагування на інциденти, що відповідає сучасним підходам до управління ризиками [1; 7]. Таким чином, безпека AI-систем має розглядатися як безперервний процес, що інтегрується у всі етапи їх функціонування. Безпека AI-систем має забезпечуватися на всіх етапах їх

життєвого циклу. Узагальнення основних загроз та відповідних заходів захисту наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Загрози та заходи безпеки на етапах життєвого циклу AI-системи

Етап життєвого циклу AI	Основні загрози	Заходи забезпечення безпеки
Проектування	Неправильне визначення вимог, відсутність threat modeling	AI-governance, threat modeling, secure-by-design
Збір та підготовка даних	Data poisoning, використання недостовірних джерел	Валідація даних, контроль джерел, очищення даних
Навчання моделі	Вбудовані бекдори, неконтрольовані зміни моделі	Secure MLOps, аудит змін, adversarial training
Оцінювання та тестування	Недостатня перевірка на стійкість до атак	Red teaming, adversarial testing, privacy testing
Розгортання	Вразливості API, неправильна конфігурація	Аутентифікація, rate limiting, захист API
Експлуатація	Prompt injection, model extraction, DoS	Моніторинг, логування, IDS/IPS, контроль доступу
Виведення з експлуатації	Залишкові дані, доступ до старих моделей	Видалення даних, відкликання ключів, аудит

Аналіз, представлений у таблиці 2, свідчить, що ефективний захист AI-систем забезпечується лише за умови впровадження комплексного підходу, який охоплює всі етапи їх життєвого циклу – від проектування до виведення з експлуатації [1; 3; 5].

Отже, сучасні загрози систем штучного інтелекту мають комплексний та багаторівневий характер, охоплюючи як технічні, так і організаційні аспекти. Ефективне протидіяння цим загрозам можливе лише за умови застосування системного підходу до безпеки, що включає контроль даних, захист моделей, безпечну інфраструктуру та безперервний моніторинг. Перспективи подальших досліджень у даній сфері полягають у розробленні ефективних методів виявлення та протидії атакам на моделі машинного навчання, зокрема adversarial-атакам і атакам на конфіденційність, а також у вдосконаленні механізмів захисту великих мовних моделей, включаючи запобігання ін'єкціям запитів (prompt injection), витоку інформації та зловживанню інтерфейсами взаємодії. Крім того, актуальним напрямом є створення інтегрованих підходів до забезпечення безпеки AI-систем на всіх етапах їх життєвого циклу з урахуванням сучасних стандартів і рекомендацій, таких як NIST AI RMF (National Institute of Standards and Technology Artificial Intelligence Risk Management Framework), ENISA (European Union Agency for Cybersecurity) та OWASP (Open Web Application Security Project), а також розроблення практичних інструментів моніторингу, тестування та аудиту безпеки AI-рішень у реальних умовах їх застосування [1; 3; 5; 7]. В умовах зростання ролі кібербезпеки в Україні особливої актуальності набуває адаптація міжнародних підходів до забезпечення безпеки AI-систем до національних умов, зокрема з урахуванням потреб захисту

критичної інформаційної інфраструктури, що функціонує в умовах підвищених кіберзагроз.

Список літератури

1. NIST AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0). – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2023. – URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
2. NIST Adversarial Machine Learning: A Taxonomy and Terminology. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2022. – URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2022/NIST.IR.8269.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
3. ENISA. Securing Machine Learning Algorithms. – Heraklion: European Union Agency for Cybersecurity, 2021. – URL: <https://www.enisa.europa.eu/publications/securing-machine-learning-algorithms> (дата звернення: 10.04.2026).
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p. – URL: <https://www.deeplearningbook.org/> (дата звернення: 10.04.2026).
5. OWASP Top 10 for Large Language Model Applications. – OWASP Foundation, 2025. – URL: <https://owasp.org/www-project-top-10-for-large-language-model-applications/> (дата звернення: 10.04.2026).
6. MITRE ATLAS: Adversarial Threat Landscape for Artificial Intelligence Systems. – MITRE Corporation, 2023. – URL: <https://atlas.mitre.org/> (дата звернення: 10.04.2026).
7. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. – Geneva: International Organization for Standardization, 2022. – URL: <https://www.iso.org/standard/82875.html> (дата звернення: 10.04.2026).

PRIMING OF THE PREVENTION OF DAMAGE TO THE TEETH PULP AFTER DENTAL PREPARATION

Korniichuk O.

Phd, assistant, Department of Therapeutic Dentistry
and FPE Dentistry of Dnipro State Medical University
St. Volodimir Vernadsky 9, Dnipro
Dnipropetrovska, 49044

It is known that the preservation of the vitality of teeth, which are the support for fixed orthopedic structures, has an undeniable clinical and biological advantage from the point of view of predicting the long-term results of orthopedic treatment, and allows significantly improving the quality of dental care provided [1]. Adhering to all known principles and caution in grinding hard tissues, it is not always possible to protect prepared teeth with vital pulp, i.e. their wound surface is open to external stimuli and microbial invasion. Literature data show that the use of measures to preserve tooth tissues both during and after preparation contributes to the formation of protective barriers in them and determines the normal functional activity of the pulp [2,3].

The aim of our work was to assess the functional state of the pulp as a result of the use of a complex of hyaluronic acid, bioflavonoids and minerals to increase the effectiveness of preventing complications after odontopreparation for fixed orthopedic structures.

Materials and methods of the study.

The total number of patients examined for the clinical part of the study was 80 people, who were divided into two groups:

Group I: main – 40 patients, in whom for the fixation of temporary fixed dentures we used the proposed treatment and prevention complex with the use of gel “Kvertgial” (RC U 20.4–13903778–032/5:2014; conclusion No. 05.03.0207/43416 dated 03.07.2014) manufactured by NPA “Odesa Biotechnology”, Ukraine, zinc oxide powder, HYDROCAL (calcium hydroxide powder) Cerkamed, Poland. The preparations are mixed *ex tempore*, in equal proportions to obtain a homogeneous paste. The finished paste was used to treat the exposed dentin surface and fix temporary crowns.

Group II: comparison – 40 patients in whom traditional fixing materials were used to fix temporary fixed dentures.

For an objective assessment of the pulp condition of the prepared teeth, the electroodontometry (EOD) method was used.

The dental preparation of 124 teeth in the main group and 110 teeth in the control group was assessed on the 1st, 3rd, 5th, 7th and 14th day after prosthetics.

Results of the study and their discussion.

The assessment of the condition of the nerve elements in the pulp of the treated teeth was carried out on the basis of determining the threshold of pain sensitivity (threshold excitability), which is established according to computer data. The average

DENTISTRY
DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND
ACHIEVEMENTS

EOM index calculated by us (Table 1), obtained before odontopreparation (during the initial examination), was 4.5 (95% CI 4.42 - 4.59) Mka among all examined, without statistically significant differences in the observation groups ($p = 0.988$).

Table 1

The average level of pulp pain threshold indicators according to electroodontometry data (Mka) in the examined patients by study groups in dynamics, M (SD)

Period	All examined	Group I	Group II	p^{*I-II}
Before intervention	4,5 (0,38)	4,5 (0,38)	4,5 (0,38)	$p_{I-II}=0,988^*$
1 day	16,7 (1,53)	15,2 (0,38)	18,2 (0,06)	$p_{I-II}<0,001^*$
$p(\text{before treatment } -1)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
3 day	11,8 (3,39)	8,4 (0,45)	15,1 (0,32)	$p_{I-II}<0,001^*$
$p(\text{before treatment } -3)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(1-3)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
5 day	8,8 (1,59)	7,3 (0,13)	10,4 (0,45)	$p_{I-II}<0,001^*$
$p(\text{before treatment } -5)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(1-5)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(3-5)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
7 day	7,5 (1,18)	6,4 (0,26)	8,7 (0,26)	$p_{I-II}<0,001^*$
$p(\text{before treatment } -7)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(1-7)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(3-7)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(5-7)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
14 day	6,3 (1,65)	4,7 (0,38)	7,9 (0,32)	$p_{I-II}<0,001^*$
$p(\text{before treatment } -14)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(1-14)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(3-14)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(5-14)$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	
$p(7-14)$	$p<0,001$	$p=0,120$	$p<0,001$	

Notes. p – differences in dynamics according to the Student's criterion for repeated measurements (T) with Holm's corrections; indices near the p level – corresponding periods of treatment; p^{*I-II} – differences between groups according to the Student's criterion for unrelated samples (t)

On the first day after odontopreparation, the electrical excitability of the pulp sharply decreased in both observation groups, which is traced by a significant increase in the pain threshold: in patients of the main group by 4.0 times, in the comparison group – by 3.8 times ($p<0.001$).

On the third day, the level of pain threshold began to decrease in both comparison groups ($p<0.001$ in dynamics), however, the rate of decrease was significantly greater

in group I compared to group II (44.7% and 17.0%, respectively), as a result of which the EOM index in the main group was significantly lower compared to the comparison group on the 3rd day of observation (by 44.4%; $p < 0.001$ between groups). A similar trend was observed on the fifth and seventh days of observation. On the 14th day after odontopreparation, the electrical excitability of the pulp in the main study group was completely restored, while in the control group the process of restoring pain sensitivity to the initial normative level was not yet completed.

Conclusions.

Thus, the variable dynamics of EOM indices and the group by the method of medical and preventive care interact and jointly affect the results studied ($p < 0.001$). The degree of influence of the applied approach on the variability of the level of EOM indicators is the greatest on the 3rd day of observation and is 98.68% ($p < 0.001$).

Based on the above, we can conclude that the proposed approach for fixing temporary structures of the NCP stimulated the restoration of nerve elements of the pulp that underwent pathological changes as a result of odontopreparation.

References:

1. Шиллинбург Г. Основы несъемного протезирования (пер. с англ.). — М.: Квинтэссенция, 2011. — С. 15—17.
2. Albers H.F. Dentine and sensitivity. // *Adept. Report.* - 2006. - V.4. - P.10-11.
3. Cury J.A., Simxes G.S., Del Bel Cury A.A., Goncalves N.C. Effect of calcium carbonate-based dentifrice on in situ enamel remineralization. // *Caries Res.* - 2005. - V.39. – P.255-257.
4. Hutchens S.A., Benson R.S., Evans B.R., O'Neill H.M., Raun C.J. Biomimetic synthesis of calcium-deficient hydroxyapatite in a natural hydrogel. // *Biomaterials.* - 2006. - V.26. – P.4661-4670.
5. Kielbassa A.M., Helwig E., Meyer-Lueckel H. Effects of irradiation on in situ remineralization of human and bovine enamel demineralized in vitro. // *Quintessenz.* - 2006. - V.40. – P.130-135.
6. Lynch R.J.M., ten Cate J.M. Effect of calcium glycerophosphate on demineralization in an in vitro biofilm model. // *Caries Res.* - 2006. -V.40. – P.142-147.
7. Tagliaferro E.P.S., Rodrigues L.K.A., Nobre dos Santos M., Soares L.E.S., Martin A.A. Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an in vitro study. // *Caries Res* - 2007. - V.41. – P.74-76.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МИТНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ: АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ І ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Рац Ольга Миколаївна,

к.е.н., доцент,
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
Україна

Клочкова Єлизавета Сергіївна,

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
Україна

У сучасних умовах розвитку світової економіки, посилення глобалізаційних процесів та активізації міжнародної торгівлі забезпечення ефективної системи митної безпеки набуває особливої актуальності. Митна безпека є важливою складовою економічної безпеки держави, оскільки вона забезпечує захист національних економічних інтересів, стабільність бюджетних надходжень та дотримання законності під час здійснення зовнішньоекономічної діяльності. Водночас зростання обсягів міжнародної торгівлі, розвиток цифрових технологій, ускладнення логістичних ланцюгів та поява нових транснаціональних загроз зумовлюють необхідність удосконалення механізмів митного контролю та модернізації митної системи.

Для України питання підвищення ефективності системи митної безпеки має особливе значення в умовах євроінтеграційного курсу, необхідності гармонізації національного законодавства зі стандартами Європейського Союзу та забезпечення економічної стабільності в умовах сучасних безпекових викликів.

Дослідження економічної безпеки держави, а також митної безпеки неодноразово здійснювалися вченими-науковцями, зокрема Бережнюк І., Найденко О., Піхоцьким В., Правдивець О., Тертичною А. та іншими авторами [1-4].

Однак, незважаючи на проведені дослідження, система митного адміністрування продовжує стикатися з рядом проблем, серед яких недостатній рівень цифровізації митних процесів, обмежене використання ризик-орієнтованого підходу, недосконалість інформаційної взаємодії між державними органами, а також наявність корупційних ризиків. Крім того, сучасні виклики, пов'язані з контрабандою, ухиленням від сплати митних платежів, незаконним переміщенням товарів подвійного призначення та спробами обходу міжнародних санкцій, вимагають формування більш ефективної та адаптивної системи митної безпеки. У зв'язку з цим виникає необхідність комплексного аналізу існуючих проблем функціонування митної системи України та розроблення науково обґрунтованих пропозицій щодо її оптимізації з урахуванням міжнародних стандартів і кращих практик митного адміністрування.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану системи митної безпеки України, а також обґрунтування напрямів її вдосконалення з урахуванням міжнародного досвіду та сучасних підходів до митного адміністрування.

Механізм гарантування митної безпеки виступає фундаментальним компонентом у загальній структурі захисту економічного суверенітету держави, забезпеченні стійкості фіскальної системи та підтриманні належного правопорядку в межах здійснення зовнішньоекономічних операцій. Високоєфективне функціонування інституту митної безпеки не лише гарантує ретельний контроль за переміщенням товарних потоків через державний кордон, а й створює сприятливе підґрунтя для інтенсифікації міжнародного товарообігу, зростання інвестиційних показників та глибшої інтеграції національної економіки в глобальний фінансово-господарський простір. У сучасну епоху всеохопної глобалізації, динамічного розвитку міждержавних економічних зв'язків та постійного нарощування обсягів експортно-імпортних операцій роль митної безпеки набуває особливої стратегічної ваги [2].

Принциповим вектором модернізації та підвищення результативності митної діяльності є впровадження ризик-орієнтованих моделей у повсякденну практику контролюючих органів. Дана концепція передбачає фокусування основних зусиль та ресурсів на тих напрямках та операціях, що характеризуються високою ймовірністю порушення норм чинного законодавства. Це, у свою чергу, дозволяє раціоналізувати використання наявних потужностей митної служби та суттєво посилити дієвість перевірочних заходів. Сучасна система управління ризиками базується на комплексному аналізі масивів даних щодо суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності, специфіки товарних груп, логістичних маршрутів, історії попередніх правопорушень та інших детермінант, що можуть сигналізувати про потенційні загрози.

Практична імплементація ризик-орієнтованого підходу дозволяє мінімізувати кількість необґрунтованих адміністративних перешкод, скоротити часові витрати на проходження формальностей для добросовісних підприємців і водночас максимізувати рівень виявлення латентних правопорушень [1]. Для більшості провідних країн світу саме система менеджменту ризиків є базисом організації митного адміністрування. Відповідні рекомендації щодо розгортання таких механізмів чітко закріплені в міжнародних стандартах, розроблених глобальними інституціями у сфері митного регулювання.

Фундаментальним важелем трансформації митної безпеки є також масштабна діджиталізація всіх процедурних процесів. Активне використання технологій електронного декларування, інтелектуальних систем автоматизованого аналізу та інформаційних платформ для міжвідомчого обміну даними сприяє встановленню високих стандартів прозорості та мінімізації корупційної складової. Цифрові рішення дозволяють кратно прискорити обробку документації, нівелювати вплив суб'єктивного людського фактора та забезпечити миттєву реакцію на будь-які відхилення від правових норм.

Крім технологічного аспекту, визначальну роль у зміцненні митного периметра відіграє транскордонна взаємодія [4]. Систематичний обмін

оперативною інформацією між митними відомствами різних держав, координація спільних спеціальних операцій та активна участь у глобальних безпекових програмах створюють умови для ефективної протидії складним схемам незаконного трафіку товарів і масштабній контрабанді. Кооперація з міжнародними організаціями відкриває шлях до запозичення передового іноземного досвіду та його адаптивної імплементації в національне середовище.

Додатковим пріоритетним напрямом зміцнення безпекового потенціалу є оснащення пунктів пропуску новітніми технічними засобами контролю. До них належать потужні рентгено-скануючі комплекси, інтелектуальні системи ідентифікації вантажів, цифрові вагові станції та мережі інтелектуального відеоспостереження. Паралельно з цим, розширення інституту Авторизованого економічного оператора (АЕО) дає змогу зосередити аналітичні потужності на ризикових сегментах, надаючи при цьому суттєві спрощення для бізнесу з високим рівнем комплаєнсу. Впровадження цієї моделі повністю корелює з європейськими стандартами та сприяє вибудовуванню довірчих відносин між державою та приватним сектором.

Для ефективної відсічі транснаціональним викликам необхідна тісна інтеграція з глобальними структурами, зокрема Interpol та Europol. На внутрішньому рівні доцільним є створення єдиного міжвідомчого аналітичного хабу, який забезпечував би чітку координацію дій митників, прикордонників та правоохоронців. Така консолідація зусиль дозволяє оперативно реагувати на спроби протиправної діяльності та підвищує загальну резистентність держави. Особливий акцент при цьому робиться на безперервному зростанні кваліфікаційного рівня кадрів [3]. Сучасний фахівець митної справи має володіти не лише фіскальними інструментами, а й навичками роботи з великими даними (Big Data), методами фінансового моніторингу та стандартами міжнародної взаємодії. Формування етичної культури та кодексів доброчесності є невід'ємною складовою кадрової політики, що спрямована на викорінення корупції.

Застосування вищезазначених інструментів дозволяє досягти високої точності контролю, мінімізувати затримки вантажів та підвищити результативність виявлення прихованих предметів правопорушень. Компаративний аналіз світових підходів підтверджує, що майбутнє митної безпеки лежить у площині партнерства держави і бізнесу, автоматизації аналітики та міжнародної солідарності.

Таким чином, ефективність митної безпеки в сучасних умовах прямо залежить від глибини інтеграції інформаційних технологій, досконалості систем управління ризиками та рівня міжнародної координації. Для України ключовим завданням залишається подальша модернізація регуляторної бази та інфраструктурне оновлення згідно з найкращими світовими зразками. Очікуваними наслідками реалізації цих стратегічних кроків стануть зміцнення економічного фундаменту держави, стабільне зростання надходжень до бюджету, радикальне зниження обсягів контрабанди та прискорення митних процедур, що в сукупності забезпечить формування позитивного інвестиційного іміджу України. Перехід до інтелектуальної, прозорої та адаптивної системи управління

митними процесами є безальтернативним шляхом захисту національних інтересів в епоху глобальних трансформацій.

Список літератури:

1. Бережнюк І.Г. Митне регулювання України: національні та міжнародні аспекти : монографія / І.Г. Бережнюк. – Дніпропетровськ : Академія митної служби України, 2009. – 552 с.
2. Піхоцький В.Ф. Економічна безпека держави в сучасних умовах функціонування / В.Ф Піхоцький, М.Р. Піхоцька // Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи : збірник тез доповідей III Міжнар. наук.-практ. конф., 8 грудня. – Київ, 2022. – С. 192–193 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://confmanagement-proc.kpi.ua/article/view/271921>.
3. Правдивець О.М. Економічна безпека, як найвища функція держави / О.М. Правдивець // Вчені записки Університету «КРОК». – 2022. – С. 40–43. DOI: 10.31732/2663-2209-2022-66-40-43.
4. Тертична А. Роль митних органів у забезпеченні митної безпеки / А.Тертична, О.Найденко // Економіка та суспільство. – 2023. – № 48. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-48-63.

ETHICAL AND ACADEMIC INTEGRITY ISSUES IN THE USE OF AI TOOLS IN CHEMISTRY EDUCATION

Guliyeva Maia

PhD

Department of Chemistry Teaching Methodology
Baku State University

In the contemporary era, artificial intelligence (AI) technologies are rapidly penetrating all levels of the education system, particularly the teaching of chemistry, a discipline characterized by complex structures and principles. Generative AI models (such as GPT-4, Claude, and Gemini) as well as specialized chemistry algorithms (such as AlphaFold and ChemCrow) provide extensive opportunities for students and researchers. However, this technological advancement challenges the long-established concepts of “academic integrity” and “scientific ethics” within the academic environment. The role of AI in chemistry education is not limited to information retrieval; it also intervenes in creative and analytical processes, thereby generating new ethical dilemmas.

1. Fundamental Problems in Academic Integrity

1.1. Transformation of Intellectual Authorship and Plagiarism

While traditional plagiarism involved appropriating others’ ideas without proper citation, “AI plagiarism” represents an entirely new form. Although AI-generated texts may appear original, they are not products of the student’s own intellectual effort. This tendency reinforces a focus on “ready-made outcomes” among students and hinders the development of their scientific writing skills.

1.2. Scientific “Hallucinations” and Information Reliability

Chemistry is a science grounded in precise data, formulas, and conditions. AI models can sometimes generate highly convincing yet incorrect reactions, nonexistent chemical constants, or fabricated literature references. When students incorporate such information into their work without critical evaluation, it undermines the scientific integrity of the research and contributes to the spread of scientific misinformation.

1.3. Artificial Generation of Experimental Reports

Laboratory work constitutes the core of chemistry education. A significant concern is that students may generate “fabricated laboratory reports” with idealized results by simply inputting parameters into AI systems, without conducting real experiments. This practice fundamentally disrupts the principle of “observation and evidence,” which underpins scientific inquiry. [3]

2. Ethical Dilemmas and Social Issues

2.1. Digital Inequality (Digital Divide)

Many advanced and accurate AI models require paid subscriptions. This creates a situation where students with greater financial resources gain access to higher-quality “assistants.” Such inequality within the educational process is ethically problematic and undermines equal opportunity.[1]

2.2. Data Ownership and Confidentiality

Entering results from novel and original chemical research conducted in laboratories into AI platforms may lead to the storage of such data on external servers and its potential use for model training. This raises serious ethical concerns regarding intellectual property protection and future patent rights.

2.3. Overreliance on AI and Teacher–Student Relationships

When students prioritize AI over instructor guidance, it weakens the traditional mentor–student relationship. Instructors’ ability to monitor individual student development becomes limited, as submitted work may not accurately reflect the student’s true level of competence. [2]

3. Strategies and Solutions

3.1. Curriculum Adaptation and AI Literacy

Rather than imposing strict prohibitions, students should be taught how to use AI tools ethically and effectively. In chemistry education, specific “verification tasks” can be implemented to train students to identify errors in AI-generated outputs.

3.2. Developing “AI-Resilient” Assessment Methods

Educators should place greater emphasis on the learning process (such as in-class discussions, oral defenses, and practical laboratory skills) rather than solely on final products (such as essays and reports). Assignments should be designed to require students’ personal experience and subjective analysis.

3.3. Principles of Transparency and Disclosure

The extent of AI use in any academic work should be clearly stated. For instance, notes such as “AI was used for text editing” or “AI assisted in literature review” should be adopted as standards of academic honesty.

Artificial intelligence in chemistry education functions both as a potential threat and as a powerful catalyst. Preserving academic integrity does not lie in rejecting technology, but in integrating it into education through the filter of scientific ethics. The chemist of the future must be capable of working with algorithms while ultimately relying on their own critical thinking to make informed decisions.

References

1. Gao, C. A. Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to real abstracts with detector software and blind reviewers / C. A. Gao [et al.] // *NPJ Digital Medicine*. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 75.
2. Sullivan, M. ChatGPT in higher education: Considerations for academic integrity and student assessment / M. Sullivan, A. Kelly, P. McLaughlan // *Journal of Applied Learning and Teaching*. – 2023. – Vol. 6. – No. 1.
3. Westwell, A. D. Artificial intelligence and the future of chemical sciences: A perspective on ethics and education / A. D. Westwell // *Nature Reviews Chemistry*. – 2023. – Vol. 7. – P. 521-523.

DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF INTERN DOCTORS AT THE FACULTY OF POSTGRADUATE EDUCATION: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Korniichuk O.

Phd, assistant,
Department of Therapeutic Dentistry and FPE Dentistry
Dnipro State Medical University

Providing the population with quality medical care depends on the level of training of doctors. In this regard, the professional training of doctors in medical higher education institutions depends on many factors, including modern challenges.

Thus, the COVID-19 pandemic and the war launched by Russia against Ukraine had a significant impact on the training of doctors and made them more motivated. As is known, the competence of a scientific and pedagogical worker and his practical experience influence decision-making regarding the adaptation of a specialist. In this regard, it is the scientific and pedagogical worker who takes responsibility for improving the professional training of doctors in medical institutions of higher education in accordance with modern European world standards. Therefore, the development of professional competencies of intern doctors is a component of his activities during his studies at the faculty of postgraduate education, focusing on the qualification characteristics of a doctor [1; 2].

The aim is to investigate the problems and solutions for the development of professional competencies of interns at the faculty of postgraduate education.

Results

When studying the issues of training specialists in modern education, a change in emphasis is observed and the leading approach is the competency-based approach, which includes the goal and result of professional training, which are presented in the form of key categories - "competence" and "competence", as the basis of any professional activity. As is known, these categories differ in semantic meaning, but they reflect the holistic and integrative content of education, and first of all, the result of the individual's activity [5, p. 14].

One of the conditions for the formation of professional competence in the process of training doctors is professional development, which begins from the moment of studying at a medical higher educational institution and should continue throughout professional activity. In addition, it should be noted that the formation of a doctor's professional competence is a multi-level stage of formation and is characterized by the corresponding features of its acquisition and application, which alternate cyclically [7, p. 322].

So, the initial part, and in most cases, the determining one in the system of continuous professional education is the postgraduate education system, which is a system of formation and development of professional competence of future specialists.

Therefore, one of the main stages of this process is internship. At the same time, the main problem of postgraduate education is its competency-based training and development of professional competence of a doctor-intern [9; 10].

Having analyzed scientific sources [5; 7; 8], it was determined that competence is considered, first of all, as a set of issues in which a person must be knowledgeable; as a unity of knowledge, skills and practical experience to carry out professional activities; a socially set requirement for the training of an individual in a certain field.

The development of professional competencies of interns at the Faculty of Postgraduate Education depends on organizational and pedagogical conditions, which are considered as an interconnected set of measures aimed at combining pedagogical and practical actions in order to solve clearly defined pedagogical tasks, the implementation of which will contribute to the development of professional competence, namely: the use of interactive methods, technologies and modern teaching aids, which will allow modeling situations of a professional nature, and will become the basis for the formation of motivation oriented towards professional activity to master professionally important knowledge and skills (implementation of interactive teaching methods); the creation of a high-quality and accessible for interns to understand the process of educational and methodological support for organizing the content of independent work on the basis of professionalization; immersion of interns in real practical activities.

In addition, at the Faculty of Postgraduate Education, during classes, it is necessary to use a variety of interactive teaching methods.

The most effective are case study, situational methods: analysis of specific situations, solving practical tasks, analyzing incidents and conducting business games.

At the same time, interns should work on the theoretical material independently. In this regard, it is necessary to create an electronic toolkit for interns based on the MOODL platform, which includes lectures using interactive technologies, using and conducting analysis of video and audio materials and test control of the level of professional knowledge and skills of interns.

At the same time, a scientific and pedagogical worker must qualitatively organize the independent work of interns at a methodological level and monitor its implementation.

The use of the "casé study" method will allow interns to actively acquire, transform and implement educational information to solve a problem at a professional level, which is presented with simulation modeling. In addition, in the conditions of teaching using the "casé study" method, the teacher should focus on organizing constructive interaction and assisting interns in carrying out their activities. To apply the acquired knowledge, skills, and practical experience in specific conditions, it is necessary to analyze practical situations, discuss complex and debatable problems that interns independently prepare under the guidance of scientific and pedagogical workers. In the process of such an organization of educational activities, knowledge is built through

joint work, as well as through dialogue, polylogue of interns between themselves and the teacher.

At the faculty of postgraduate education of interns, independent practical work in the clinic is of great importance, where a specialist under the supervision of the head participates in the reception of patients, conducts dynamic observation of the patient and performs the necessary examinations, participates in the process of establishing a preliminary diagnosis of the problem, its justification, provides necessary assistance, draws up medical documentation, etc. The use of an integrated approach at the stage of postgraduate education, changing the forms of situations and teaching methods will contribute to the formation of a clear algorithm of actions of an intern in non-standard situations and making the right diagnostic and treatment decision.

A special role is played by clinical rounds of patients by professors or associate professors, during which theoretical issues regarding differential diagnostics, the peculiarities of the course of the disease and treatment tactics are considered.

Conclusions

Thus, based on the analysis conducted, we can conclude that the training of interns at the faculty of postgraduate education is of great importance in the formation of professional professionalism.

Prospects for further research include conducting an analysis of the competencies of doctors and developing the main ways of their high-quality training at the faculty of postgraduate education, which will contribute to raising the professional level and improving professional activity in the medical field.

References:

1. Краснов В. В., Уваркіна О. В., П'янківська Л. В., Костюк О. І., Кодлубовська Т. Б., Юрковська Л. Г. Січкоріз О. Є., Закрутько Л. І. Моніторинг соціально-гуманітарних компетенцій лікаря у підготовці професійних медичних кадрів: інформаційний лист про нововведення № 2У-2017. Київ: УКРМЕДПАТЕНТИНФОРМ МОЗ України, Випуск 16 з проблеми «Соціальна медицина», 2017 р. 10 с.
2. Лісовий В. М., Капустник В. А., В'юн В. В. Про стан та перспективи підготовки лікарів-інтернів у Харківському національному медичному університеті. Сучасний стан та перспективи підготовки лікарів-інтернів у Харківському національному медичному університеті: наук.-метод. конференція, присвячена 210-й річниці ХНМУ. Харків, 2015. С. 3
3. Луговий В. І. Європейська концепція компетентнісного підходу у вищій школі та проблеми її реалізації в Україні. Педагогіка і психологія. 2009. № 2 (63). С. 13–25.
4. Максименко С.Д. Педагогіка вищої медичної освіти: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 288 с.
5. Мруга М. Р. Структурно-функціональна модель професійної компетентності майбутнього лікаря як основа діагностування його фахових якостей», автореф. дис. канд. наук. Київ, Україна, 2017. 27 с.

6. Філоненко М. М. Психологія особистісного становлення майбутнього лікаря : монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2015. 420 с.

7. Хоменко К. П. Формування професійної компетентності майбутніх лікарів. Гуманітарний вісник Переяслав-Хмельницького держ. пед. ун- ту ім. Григорія Сковороди. 2015. Вип. 36, т. 2(62), С. 321–330.

8. Ягупов В. В. Компетентнісний підхід у професійній освіті. Вища освіта України. 2012. № 3. С. 197–205.

9. Masters, K. Edgar Dale's pyramid of learning in medical education: a literature review / K.Masters. Med Teach., 2013. №11 (35). P.1584–1593 10. Lymar L., Omelchuk S. Factors of the medical career choice within the context of Ukrainian healthcare reforms, Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland: 1960), t. 71, № 1, pt 2, p. 211–216, 2018.

DIDAKTISCHE POTENZIAL DEUTSCHSPRACHIGER ONLINE-MEDIEN BEIM LESEUNTERRICHT

Гоцинець Ірина Львівна

доцент кафедри німецької і французької мов та методики їх навчання
факультет української та іноземної філології
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Пукайло Юлія Михайлівна

магістр,
факультет української та іноземної філології
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Die gegenwärtige Entwicklungsphase des Bildungswesens ist durch eine tiefgreifende digitale Transformation gekennzeichnet, die ein Umdenken traditioneller Ansätze im Fremdsprachenunterricht erforderlich macht. In diesem Kontext treten Online-Medien nicht nur als zusätzliche Informationsquelle auf, sondern als ein vollwertiges didaktisches Instrument, das die Entwicklung sprachlicher und kognitiver Kompetenzen von Lernenden maßgeblich beeinflussen kann. Besonders bedeutsam ist der Einsatz deutschsprachiger Online-Medien zur Förderung der Lesekompetenz, insbesondere des kritischen Lesens, das in der modernen Didaktik als eine zentrale Komponente der kommunikativen und medialen Kompetenz gilt [1; 2].

Kritisches Lesen im Prozess des Deutschlernens umfasst nicht nur das Verstehen des Textinhalts, sondern auch die Fähigkeit, die Struktur der Mitteilung zu analysieren, die Position des Autors zu interpretieren, die Argumentation zu bewerten und die gewonnenen Informationen mit anderen Quellen sowie mit eigenen Erfahrungen in Beziehung zu setzen. Die Bedingungen des digitalen Informationsraums machen diese Fähigkeiten besonders relevant, da der moderne Leser ständig mit einer großen Menge heterogener Informationen konfrontiert ist, die eine reflektierte und kritische Wahrnehmung erfordern [3].

Online-Medien umfassen ein breites Spektrum digitaler Ressourcen, darunter elektronische Versionen gedruckter Medien, Informationsportale, Bildungswebsites, Blogs, Foren, soziale Netzwerke, Video- und Audioplattformen sowie Online-Wörterbücher und Nachschlagewerke. All diese Ressourcen schaffen einen offenen, authentischen Sprachraum, in dem die deutsche Sprache in realen Kommunikationssituationen verwendet wird. Wie Forschende betonen, trägt gerade die Authentizität digitaler Texte zur Steigerung der Lesemotivation und zur Entwicklung eines nachhaltigen Interesses an der zu erlernenden Sprache bei [4; 5].

Das didaktische Potenzial deutschsprachiger Online-Medien im Leseunterricht ist in hohem Maße durch die Möglichkeit bedingt, verschiedene Arten des Lesens auszubilden. Dank des digitalen Formats von Texten können Studierende effektiv Fähigkeiten des orientierenden Lesens zum allgemeinen Textverständnis, des selektiven Lesens zur gezielten Informationssuche sowie des detaillierten Lesens und

der Analyse einzelner Textpassagen entwickeln. Die hypertextuelle Struktur von Online-Materialien ermöglicht es, zwischen miteinander verknüpften Quellen zu wechseln, was die Entwicklung intertextueller Bezüge und analytischen Denkens fördert [5].

Ein wichtiger didaktischer Faktor ist die genrespezifische und stilistische Vielfalt deutschsprachiger Online-Texte. Nachrichtenmeldungen, analytische Artikel, publizistische Beiträge, Interviews, Blogs, Nutzerkommentare und Werbetexte repräsentieren unterschiedliche kommunikative Intentionen und sprachliche Strategien. Die Arbeit mit solchen Texten ermöglicht die Entwicklung von Fähigkeiten, Genremerkmale zu erkennen, die Intention einer Mitteilung zu bestimmen, die Logik der Argumentation zu analysieren und sprachliche Mittel der Beeinflussung zu identifizieren, was wesentliche Komponenten des kritischen Lesens darstellt [6; 7; 8].

Aus methodischer Sicht entspricht der Einsatz von Online-Medien dem kommunikativen und handlungsorientierten Ansatz im Fremdsprachenunterricht. Das Lesen digitaler Texte lässt sich organisch mit anderen sprachlichen Fertigkeiten, insbesondere dem Schreiben und Sprechen, verbinden. Die Diskussion gelesener Materialien, das Verfassen von Kommentaren, die Erstellung analytischer Übersichten oder die Teilnahme an Diskussionen in deutscher Sprache tragen zu einem tieferen Textverständnis und zur Entwicklung einer eigenen Position bei, was ein wesentliches Merkmal kritischen Denkens ist [9].

Von besonderer Bedeutung im Umgang mit Online-Medien ist die Förderung der Medienkompetenz. Moderne digitale Texte enthalten häufig Elemente der Manipulation, subjektiver Interpretation oder versteckter Werbung, was von den Lesenden die Fähigkeit verlangt, Informationsquellen kritisch zu bewerten und voreingenommene Darstellungen zu erkennen. Die Arbeit mit deutschsprachigen Online-Medien ermöglicht es, diese Fähigkeiten im fremdsprachlichen Kontext zu entwickeln und sprachliches Lernen mit der Förderung kritischen Denkens zu verbinden [3].

Ein wichtiger Bestandteil des didaktischen Potenzials von Online-Medien ist der Einsatz deutschsprachiger Online-Wörterbücher und Nachschlageressourcen. Sie bieten Zugang zu lexikalischen, grammatischen und phonetischen Informationen sowie zu Beispielen für den Gebrauch sprachlicher Einheiten im Kontext, was die Lernautonomie fördert. Im Prozess des kritischen Lesens ermöglichen solche Ressourcen den Studierenden, eigene Hypothesen hinsichtlich der Bedeutung von Wörtern oder Ausdrücken zu überprüfen, stilistische Besonderheiten zu analysieren und den Text tiefer zu verstehen [9].

Der interaktive Charakter von Online-Medien hat ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung von Fähigkeiten des kritischen Lesens. Die Möglichkeit zu kommentieren, an Diskussionen teilzunehmen, unterschiedliche Standpunkte zu vergleichen und auf Inhalte zu reagieren, fördert eine aktive Leserhaltung und verwandelt den Leseprozess in einen Dialog. Ein solches Format trägt zur Entwicklung reflexiven Denkens und zur Fähigkeit bei, die eigene Position auf Deutsch zu argumentieren [5].

Aus methodischer Perspektive erfordert der effektive Einsatz deutschsprachiger Online-Medien im Leseunterricht eine klare didaktische Strukturierung. Die Lernaufgaben sollten nach den Phasen Vorlesen, Lesen und Nachlesen gegliedert sein. In der Vorlesephase werden Hintergrundwissen aktiviert und Hypothesen über den Inhalt des Textes gebildet; während des Lesens erfolgt die Analyse sprachlicher und inhaltlicher Komponenten; die Nachlesephase umfasst die kritische Reflexion der Informationen, deren Bewertung sowie die Entwicklung einer eigenen Position [4].

Somit besteht das didaktische Potenzial deutschsprachiger Online-Medien im Leseunterricht in ihrer Fähigkeit, authentisches und genrespezifisch vielfältiges Lernmaterial bereitzustellen, die Entwicklung unterschiedlicher Lesearten zu fördern sowie kritisches Denken und Medienkompetenz auszubilden. Die Integration von Online-Medien in den Deutschunterricht schafft Voraussetzungen für die Entwicklung einer modernen Sprachpersönlichkeit, die in der Lage ist, effektiv mit Informationen in einem mehrsprachigen und digitalen Umfeld umzugehen.

Literaturverzeichnis:

1. Биков В. Ю. Цифрове освітнє середовище закладу освіти. Київ: Педагогічна думка. - 2019.
2. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Companion Volume. Strasbourg. - 2020.
3. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu). Luxembourg. - 2017.
4. Лавриненко О. А. Медіатексти як засіб формування читацької компетентності студентів-філологів // Педагогічні науки. № 3. - 2020.
5. Grabe W., Stoller F. Teaching and Researching Reading. London: Routledge. - 2019.
6. Голуб Н. Б. Формування критичного мислення засобами медіаосвіти // Українська мова і література в школі. № 6. - 2018.
7. Голуб Т., Жигжитова Л. Інтеграція критичного мислення у навчальні завдання з іноземної мови // Вісник Сумського педагогічного університету. - 2020.
8. Koltay T. Media Literacy and Digital Literacy in the Context of Critical Information Literacy // Media, Culture & Society. - 2016.
9. Hallet W. Lernen mit digitalen Medien im Fremdsprachenunterricht. Seelze: Klett. - 2017.

ВІДПОВІДНІСТЬ САМООЦІНКИ СХИЛЬНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ДО ЇХ ОБРАНОЇ ПРОФЕСІЇ

Міхєєв Андрій Олександрович,

к. біол. н., доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології
Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці

На сьогодні професійна самоідентифікація майбутніх фахівців вимагає врахування їх особистісного розвитку, що тісно пов'язаного із професійним розвитком, зокрема у процесі вивчення медичних дисциплін у фармації, стоматології чи медичній психології [1, 2]. Одним із ефективних інструментів є самооцінювання, що передбачає процес розуміння самого себе через усвідомлення певних індивідуальних якостей, вчинків, знань та вмінь і може впливати на ефективність діяльності людини. Формування самооцінки відбувається уродовж життя людини за впливу досвіду і оточення та відображається безпосередньо на впевненості, прийнятті рішень, якості життя. Адекватна самооцінка є основою психічного здоров'я та гармонійних стосунків [3]. В педагогічній діяльності це процес аналізу викладачами чи здобувачами освіти певного навчального досвіду для підвищення якості навчання та розуміння матеріалу, що засвоюється.

Самооцінка є динамічним елементом свідомості особистості та приймає участь у саморегуляції її професійної діяльності. Коли молода людина починає свідомо опановувати майбутню професію, тоді відбувається перебудова її самосвідомості та самооцінки [4, 5]. У становленні самооцінки беруть участь різні компоненти особистості: раніше сформоване ставлення до себе, певні погляди на життя, стосунки між людьми, бажання стати «кимось» у житті, приклади наслідування тощо. Останнім часом проблема професійної придатності перебуває в центрі уваги, адже її визначення є необхідним важелем для професійної спрямованості [6, 7, 8]. На сьогодні від студентів ЗВО вимагається не тільки високий рівень фахової компетентності, але й особистісна залученість у професію, скерування на самовдосконалення і ціннісне ставлення до неї [9]. Студенти медичних спеціальностей є складовою майбутнього кадрового ресурсу охорони здоров'я України, а тому розуміння особливостей формування їх професійної повинно давати можливість для створення сприятливих умов навчання з чіткою мотивацією до професійної діяльності [10]. У подальшій перспективі це призведе до появи кваліфікованих фахівців медичного профілю та суттєво може зменшити їх відтік [11]. Для покращення ефективності навчання та створення умов для гармонійного саморозвитку студентів медичних закладів вищої освіти важливою є кореляція їх самооцінки з навчальною успішністю [12]. Адже для формування особистості з успішною реалізацією у подальшій професійній діяльності необхідне створення цілого комплексу показників, їх оцінка, а за необхідно і певна корекція, що може стати передумовою успішного професійного функціонування та розвитку [13].

На сьогодні професійне становлення медичних фахівців в Україні ускладнюється суперечливими майбутніми соціальними умовами – війна в державі, досить низька оплата праці, відсутність житла, труднощі у пошуках роботи тощо. Тому зрозуміло, що актуальним питанням для закладів вищої освіти є не лише сформулювати необхідні фахові компетенції, але й навчити студентів осмислювати і оцінювати результати свого професійного становлення [14]. Ці процеси потребують професійної самооцінки, завдяки якій майбутні фахівці спроможні визначити рівень і продуктивність власного фахового розвитку, будувати та коригувати самоосвітню діяльність. Щоб це реалізувати у вищій медичній школі важливо створити підґрунтя для практичного впровадження системи формування професійної самосвідомості майбутніх фахівців, у тому числі їх професійної самооцінки [15]. Це особистісне прагнення може стати чинником успішної професійної адаптації фахівця-початківця та сприяти набуттю професіоналізму, самореалізації та постійному самовдосконаленню.

Відповідно, якщо вибір професії був правильний, то це приносить моральне задоволення її здобувачу та високу самооцінку себе в цій майбутній професії. Водночас це також висока продуктивність у обраній сфері діяльності та висока якість продукції, що є результатом цієї діяльності. Вибір майбутньої професії, зокрема професії лікаря, це збіг інтересів особистості, оточення, суспільства, що дає можливість поєднати особисті і загальні інтереси [16].

Можливості самооцінювання схильностей майбутніх фахівців є важливим інструментом підтвердження, а іноді можливо і спростування, правильності цього вибору. Для цього існує багато різних методик і одним із таких зручних інструментів може бути диференційно-діагностичний опитувальник [17]. Він призначений допомогти визначити свої певні схильності до різного роду професійної діяльності шляхом обчислення особистісного психотипу. Останній зумовлений здатністю кожної людини певним чином мати схильність до окремих видів діяльності, які пов'язані з її способом життя, мисленням, навичками, а також підсвідомими намаганням діяти. Використовуючи ту чи іншу методику самооцінювання можна визначати свій особистісний тип і краще зрозуміти свої схильності до певного роду професійної діяльності.

Мета дослідження – за допомогою самооцінки визначити потенційні схильності до обраної майбутньої професії студентів 2-го курсу спеціальностей «медицина», «стоматологія», «фармація» та «медична психологія».

Матеріали і методи дослідження. Вивчення самооцінки схильностей до обраної професії проводилось із використанням диференційно-діагностичного опитувальника Клімова Є.А. Останній адаптували під Google Forms, що спростило процедуру отримання даних та гарантувало респондентам конфіденційність. Опитування пройшло 58 студентів різних спеціальностей (медицина, медична психологія, стоматологія та фармація) і медичних факультетів БДМУ віком 19-21 рік, серед яких 22% чоловічої статі і 78% жіночої. Опитування провели на початку весняного семестру навчального року, за

однакових умов. Отримані результати анкетування було опрацьовано статистично та використано для визначення відповідних психотипів.

Отримані результати та їх обговорення. Як показали отримані дані опитування більшість студентів спеціальностей «медицина» – 75,86% та «стоматологія» – 72,42% на 2-му році навчання мають чітке спрямування на майбутню професію – лікаря або лікаря-стоматолога. Про це свідчать результати опитування цих студентів, відповіді анкетування яких орієнтовані на роботу саме з людьми або психотип «людини-людина». Відповідно до даного психотипу провідним «об'єктом» праці є саме людина, відповідно їй обирають вони професії, що пов'язані безпосередньо з «людськими» складовими – лікарі, вчителі, менеджери, психологи тощо. Саме вони у майбутньому бачать себе у роботі з іншими людьми, у наданні медичної допомоги різного рівня. Цьому сприяє їх комунікативність з активною взаємодією з людьми, здатність розуміти емоційний стан іншої людини впливаючи на думку чи поведінку, а також здатність тривалий час працювати з іншими людьми (часто в сфері обслуговування або медицини). Проте для представників цього психотипу часто притаманна схильність до емоційного вигорання через інтенсивні контакти. Тому їх робота вимагає високої психологічної витривалості, а головні труднощі найчастіше полягають у тому, що сам об'єкт їх праці – інша людина – є активним та непередбачуваним, тому фахівець має бути гнучким та мати високий рівень самоконтролю. Друге місце за чисельністю відповідності психотипу «людина-людина» займають майбутні медичні психологи та фармацевти – 65,52%.

Наступний психотип, якому відповідали результати анкетування студентів (15,53% опитаних студентів спеціальності «медицина» та 10,34% спеціальності «стоматологія») був «людина-природа». Серед студентів спеціальності «медична психологія» цьому психотипу відповідало 8,62%, а спеціальності «фармація» – 5,17%. Переважно вибором професії для цих респондентів будуть такі, як ветеринар, зоотехнік, агроном, лікар-лаборант, лаборант хіміко-бактеріологічного аналізу тощо. Це також і професії, що безпосередньо пов'язані з медициною або науковими дослідженнями у цій галузі, наприклад фармація та промислова фармація, лабораторна діагностика, клінічна біохімія, біологія тощо. Для них найчастіше підсвідомо притаманна орієнтація на роботу з об'єктами живої природи та їх середовище існування. Це зумовлено таким рисами психотипу як спостережливість, терплячість, дбайливість, здатність до розуміння складних, мінливих біологічних процесів. Це зазвичай нестандартна праця, що вимагає ініціативи та самостійності, оскільки живі об'єкти розвиваються за власними законами (хворіють, ростуть, гинуть). Ці молоді люди проявляють ініціативу, дбайливість та далекоглядність і таке спрямування, на нашу думку, принципово не заважатиме оволодіти майбутньої професією медика, проте певною мірою буде спрямоване на неменш «людяні» сторони майбутньої професії (наприклад – фармацевт чи лікар-лаборант). Важливим є те, що робота для людей цього психотипу часто передбачає нестандартний та нестабільний графік і вимагає їх уваги 24/7. Саме тому такий психотип ідеально

підходить тим, хто шукає гармонії з навколишнім світом, хоча і зазнає соціального тиску.

Третя група опитаних нами студентів 2-го курсу спеціальності «медицина» на основі анкетування належить до психотипу «людина-художній образ» – 5,17% опитаних респондентів. Серед студентів спеціальності «стоматологія» таких опитаних було 10,34%, а «медична психологія» та «фармація» по 20,69% для кожної спеціальності. Для цього психотипу підсвідомим буде прагнення розвивати у першу чергу художні здібності з відповідними професіями художника, дизайнера, скульптора, музиканта, косметолога чи пластичного хірурга. Вони мають здатність бачити світ нестандартно та створювати нове, мають високу реактивність та розвинене естетичне почуття, більшою мірою мають характерний «художній» погляд щодо своєї майбутньої професії чи роботи. Значна частина серед таких студентів дійсно приймає участь у художній самодіяльності, співає, танцює, поєднуючи це все з навчанням. А окремі студенти власне і бачать себе у майбутньому фахівцями естетичної медицини – пластичні хірурги, косметологи чи сфахівці спрямованого синтезу активних сполук. Майбутні ж медичні психологи (згідно опитуванню >20%) мають такі важливі якості, як розвинена уява, яскрава пам'ять, образне мислення, наполегливість та терпіння, що вкрай необхідне при роботі з пацієнтами.

Окремо слід зазначити, що серед опитаних нами студентів спеціальностей «медицина» практично однакова кількість має психотипи «людина-техніка» та «людина-знакова система» (по 1,72% опитаних відповідно). Серед студентів спеціальності «стоматологія» на 2-му курсі навчання такі психотипи притаманні для 3,45% серед опитаних студентів відповідно; серед студентів спеціальності «медична психологія» – 3,45% та 1,72%, а спеціальності «фармація» – 5,17% та 3,45% студентів. Для осіб із психотипом «людина-техніка» часто притаманний суто «технічний» або «технологічний» варіант майбутньої професії, адже вони добре можуть розбиратися в певних «механічних» тонкощах медичного фаху: це може бути лікар-лаборант, рентгенолог, спеціаліст з медичного обладнання тощо. Головною особливістю праці для представників цього психотипу є матеріальний і конкретний результат, це завжди передбачувана діяльність, часом без лишніх емоцій.

Фахівці із проявленим психотипом «людина-знакова система» мають увагу до деталей, точність у роботі, переважно схильні до обчислень, охоче займаються програмуванням, з гарною пам'яттю та логічним мисленням і цілком можуть займатися біотехнологією, бактеріологією та вірусологією, медичною статистикою, менеджментом чи працювати на фармацевтичному виробництві. Для них робота – це постійне перебування у світі символів, алгоритмів чи формул, а результат праці часто існує лише на екрані монітора чи на папері. Це буде ідеальне рішення для того, хто любить та цінує порядок, бачить чітко результати та мету з мінімумом емоційних чи непередбачуваних чинників.

В цілому, практично для всіх виявлених нами психотипів серед опитаних студентів 2-го курсу, що навчаються за спеціальностями «медицина», «стоматологія», «медична психологія» чи «фармація» виявлено підсвідомі

здібності для оволодіння майбутньою професією – лікаря, лікаря-стоматолога, медичного психолога чи фармацевта/промислового фармацевта. Звичайно ж самооцінка підсвідомих здібності та схильності до майбутньої професії не завжди відповідають обраному майбутньому фаху, проте їх чітке та цілеспрямоване поєднання із набутими знаннями, практичними навичками, вміннями та розуміннями лише посилять фахові компетенції майбутніх лікарів., фармацевтів, стоматологів чи медичних психологів. Адже фахівець будь-якої медичної галузі має бути особистістю всебічно обдарованою, багатогранною, талановитою та освіченою.

Висновки. Проведене самооцінювання схильностей у студентів, які навчаються на 2-му курсі за спеціальностями «медичина», «стоматологія», «медична психологія» та «фармація» до обраної майбутньої професії показало, що переважна більшість орієнтована на роботу з людьми і має психотип «людина-людина». Обраним майбутнім професіям цілком відповідають їх схильності до роботи з людьми, бажання надавати необхідну допомогу, у т.ч. і медичну чи психологічну. Друга за кількістю група студентів з психотипами «людина-природа» і «людина-художній образ» також більшою мірою схильна до обраної майбутньої професії медика, стоматолога, психолога чи фармацевта. Водночас, невелика частина опитаних має психотипи, що не пов'язані чітко із обраною медичною професією – «людина-техніка» та «людина-знакова система», проте вони цілком можуть у майбутньому реалізувати себе в медицині, фармації, психології чи стоматології.

Список літератури:

1. Al-Qudah, R., Barakat, M., Omar, A., Aladwani, M., Al-Qudah, N., & Al-Najjar, M. (2026). Learning Microbiology in Pharmacy Education: Students' Perceptions, Satisfaction, and Challenges: A Mixed-Methods Study.
2. Liu, C., He, P., & Zhao, W. (2025). Evolution and reform of Medical Microbiology education in New Medical Science era. *Global Medical Education*, 2(1), 259–268.
3. Zheng, B., He, Q., & Lei, J. (2024). Informing factors and outcomes of self-assessment practices in medical education: a systematic review. *Annals of Medicine*, 56(1).
4. Findyartini, A., Greviana, N., Felaza, E., Faruqi, M., Zahratul Afifah, T., & Auliya Firdausy, M. (2022). Professional identity formation of medical students: A mixed-methods study in a hierarchical and collectivist culture. *BMC Medical Education*, 22(1).
5. Діда, Г. (2023). Професійний саморозвиток особистості студента медичного коледжу: мотиваційно-цінісний компонент. *Education. Innovation. Practice*, 11(5), 13–17.
6. Осадча, М., Гребеник, А., & Сосненко, О. (2022). Професійна придатність як сутнісна характеристика майбутнього фахівця. Шляхи удосконалення професійних компетентностей фахівців в умовах сьогодення: матеріали II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф (25-26 серпня 2022 року в режимі онлайн), 291-294.

7. Кохановська, О. В., & Кузьменко, Ю. В. (2024). Професійна компетентність майбутніх фахівців медичної галузі як педагогічна проблема. Педагогічний альманах, 56, 51–56.
8. Стеценко, А. І., & Квашенко, О. М. (2024). Особливості професійного самовизначення особистості. Слобожанський Науковий Вісник. Серія: Психологія, 2, 67–71.
9. Peroš, A., Bralić, N., & Buljan, I. (2025). Personality traits and medical specialty preference among medical students and graduates: a scoping review. *Croatian Medical Journal*, 66(5), 321–333.
10. Москвяк, Н. В. Визначення професійного типу особистості та нервово-психічного стану студентів-медиків. Психологія особистості фахівця в умовах воєнного часу та поствоєної реабілітації: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (27 жовтня 2023 року) / уклад. В. С. Бліхар. Львів: ЛДУВС, 2023, 210-213.
11. Tobiaszewska, M., Koweszko, T., Jurek, J., Mikołaj, K., Gierus, J., Mikulski, J., & Waszkiewicz, N. (2024). Personality Types of Medical Students in Terms of Their Choice of Medical Specialty: Cross-Sectional Study. *Interactive Journal of Medical Research*, 13, e60223.
12. Findyartini, A., Greviana, N., Felaza, E., Faruqi, M., Zahratul Afifah, T., & Auliya Firdausy, M. (2022). Professional identity formation of medical students: A mixed-methods study in a hierarchical and collectivist culture. *BMC Medical Education*, 22(1).
13. Sultan, S., Labban, O. M., Hamawi, A. M., Alnajrani, A. K., Tawfik, A. M., Felemban, M. H., Bokhari, E. A., & Aziz, N. (2023). Relationship of big five personality traits and future specialty preference among undergraduate medical students: a cross-sectional study. *The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*, 59(1).
14. Liu, M., Cai, J., Chen, H., & Shi, L. (2022). Association of Personality Traits with Life and Work of Medical Students: An Integrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12376.
15. Park, G. M., & Hong, A. J. (2022). “Not yet a doctor”: medical student learning experiences and development of professional identity. *BMC Medical Education*, 22(1).
16. Kim, D. T., Applewhite, M. K., & Shelton, W. (2023). Professional Identity Formation in Medical Education: Some Virtue-Based Insights. *Teaching and Learning in Medicine*, 36(3), 399–409.
17. Щербакова, І. М. (2012). Психодіагностика професійного самовизначення особистості: навч.-метод. посіб. Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка, 90-93.

METHODISCHE ASPEKTE DES EINSATZES VON GAMIFICATION IM DEUTSCHUNTERRICHT

Шевців Галина Михайлівна

кандидат філологічних наук,
ст. викладач кафедри німецької і французької мов та методики їх навчання
факультет української та іноземної філології
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Сліпко Софія Романівна,

магістр,
факультет української та іноземної філології
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Die gegenwärtige Entwicklungsphase des Bildungswesens ist durch eine intensive Digitalisierung gekennzeichnet, die eine Neubewertung traditioneller Ansätze im Fremdsprachenunterricht erforderlich macht. Einer der innovativen Ansätze ist die Gamification, die die Integration spielerischer Elemente in einen nicht-spielerischen Bildungskontext zur Steigerung der Motivation und der Lerneffektivität umfasst. Im Kontext des Deutschunterrichts wird Gamification als ein Mittel zur Aktivierung der kognitiven Tätigkeit der Lernenden, zur Entwicklung ihrer sprachlichen Kompetenz sowie zur Förderung eines nachhaltigen Interesses am Sprachenlernen betrachtet.

Die theoretische Grundlage der Gamification bilden moderne psychologisch-pädagogische Konzepte, insbesondere die Selbstbestimmungstheorie, die die Bedeutung intrinsischer Motivation, Autonomie und Engagement im Lernprozess hervorhebt. Laut den Studien von M. Sailer und L. Homner wirkt sich der Einsatz spielerischer Elemente wie Punkte, Abzeichen und Ranglisten positiv auf die Lernergebnisse aus, insbesondere wenn diese zielgerichtet und didaktisch fundiert eingesetzt werden [1]. Gleichzeitig definiert S. Deterding et al. Gamification als den Einsatz von Spieldesign-Elementen in spielfremden Kontexten, was ihre Betrachtung als universelles Instrument pädagogischer Innovationen ermöglicht [2].

Das didaktische Potenzial der Gamification im Deutschunterricht zeigt sich vor allem in ihrer motivationalen Funktion. Spielmechaniken schaffen Erfolgssituationen, bieten unmittelbares Feedback und fördern regelmäßige Lernaktivitäten. Eine systematische Übersicht von S. Zhang und Z. Hasim zeigt, dass Gamification das Engagement der Lernenden signifikant steigert und zur Entwicklung einer positiven Einstellung gegenüber dem Fremdsprachenlernen beiträgt [3]. Darüber hinaus erfüllt Gamification eine kognitive Funktion, da ihr interaktiver Charakter das bessere Verständnis und die Festigung lexikalischer und grammatischer Inhalte unterstützt. Eine Metaanalyse von Z. Zhang bestätigt die Wirksamkeit gamifizierter Ansätze beim Wortschatzerwerb [4].

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die kommunikative Funktion der Gamification. Spielszenarien schaffen Bedingungen zur Simulation realer

Kommunikationssituationen, was den Prinzipien des kommunikativen Fremdsprachenunterrichts entspricht. Der Einsatz von Rollenspielen, Simulationen und interaktiven Aufgaben fördert die Entwicklung von Sprech-, Hörverstehens- und interkulturellen Kompetenzen. Die soziale Funktion der Gamification zeigt sich in der Förderung von Kooperation, Interaktion und Teamarbeit, die wesentliche Bestandteile moderner Lernprozesse sind.

Aus methodischer Sicht ist die Bestimmung zentraler Elemente der Gamification von besonderer Bedeutung. Dazu gehören Punktesysteme, Niveaustufen, Abzeichen, Ranglisten, Quests und narrative Elemente. Die Effektivität dieser Komponenten hängt von ihrer Übereinstimmung mit den Lernzielen sowie von den individuellen Eigenschaften der Lernenden ab. J. Hamari betont, dass insbesondere die Kombination verschiedener Spielmechaniken ein hohes Maß an Lernmotivation gewährleistet [5].

Zu den grundlegenden methodischen Prinzipien des Einsatzes von Gamification gehört zunächst das Prinzip der pädagogischen Zweckmäßigkeit, wonach Gamification als Mittel zur Erreichung konkreter Lernziele eingesetzt werden sollte und nicht als Selbstzweck. Das Prinzip der Systematik erfordert die Integration spielerischer Elemente in die Gesamtstruktur des Unterrichts, während das Prinzip der Individualisierung die Berücksichtigung unterschiedlicher Lernniveaus ermöglicht. Von zentraler Bedeutung ist zudem das Prinzip des Feedbacks, das eine kontinuierliche Rückmeldung und Lernsteuerung gewährleistet.

Die Formen der Umsetzung von Gamification im Deutschunterricht sind vielfältig. Eine verbreitete Form ist der Einsatz digitaler Lernplattformen, die individualisiertes Lernen ermöglichen und den Lernfortschritt sichtbar machen. Rollenspiele tragen zur Entwicklung kommunikativer Kompetenzen bei, während projektbasiertes Lernen die praktische Anwendung sprachlicher Kenntnisse fördert. Quests und szenariobasierte Aufgaben integrieren verschiedene Sprachfertigkeiten und schaffen ein ganzheitliches Lernerlebnis.

Die methodische Gestaltung einer gamifizierten Unterrichtseinheit erfordert eine klare Struktur, die aus einer Motivationsphase, einer Arbeitsphase und einer Reflexionsphase besteht. In der Motivationsphase werden Ziele formuliert und ein spielerischer Kontext geschaffen. Die Arbeitsphase umfasst die Durchführung von Aufgaben im Spielformat, während die Reflexionsphase der Auswertung der Ergebnisse und der Entwicklung einer eigenen Position dient. Eine solche Struktur gewährleistet die Kohärenz und Effektivität des Lernprozesses.

Trotz zahlreicher Vorteile weist Gamification auch bestimmte Einschränkungen auf. Eine übermäßige Fokussierung auf externe Belohnungen kann die intrinsische Motivation beeinträchtigen. Zudem besteht die Gefahr einer Formalisierung des Lernprozesses oder einer Überlastung durch spielerische Elemente. M. Sailer und L. Homner betonen, dass die Wirksamkeit von Gamification maßgeblich von der Qualität ihres didaktischen Designs abhängt [1].

Die zukünftige Entwicklung der Gamification ist eng mit dem Einsatz künstlicher Intelligenz, adaptiver Lernsysteme sowie Virtual- und Augmented-Reality-Technologien verbunden. Diese ermöglichen die Schaffung personalisierter Lernumgebungen und tragen zur weiteren Steigerung der Lerneffektivität bei.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Gamification ein wirkungsvolles didaktisches Instrument im Deutschunterricht darstellt, das die Motivation steigert, sprachliche Kompetenzen fördert und zentrale Schlüsselkompetenzen entwickelt. Ihre erfolgreiche Anwendung setzt jedoch eine methodisch fundierte Integration voraus, die Lernziele, Lernendenvoraussetzungen und sprachliche Inhalte berücksichtigt.

Literaturverzeichnis:

1. Sailer M., Homner L. (2020): The gamification of learning: a meta-analysis. In: *Educational Psychology Review*, 32, S. 77–112.
2. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. (2011): From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*. Tampere, S. 9–15.
3. Zhang S., Hasim Z. (2022): Digital gamification in foreign language learning: a systematic review. In: *Frontiers in Psychology*, 13.
4. Zhang Z. (2023): The effects of gamification on vocabulary learning: a meta-analysis. In: *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 16(1).
5. Hamari J. (2019): Gamification. In: *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*, S. 1–3.

CHARACTERISTICS OF INGREDIENTS AND VARIATIONS OF THEIR CONTENT IN THE STRUCTURE OF PREMIXES

Baranovskyi Yevheniy,
postgraduate student

Igorov Bogdan,
Dr. of Technical Sciences, Professor
Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

Ukrainian premix manufacturers mainly produce 1.0% vitamin-mineral mixture with protected forms of vitamins and enzymes. The shelf life of such premixes is not recommended for more than one month. Longer storage time leads to intensive destruction of vitamins due to the release of crystallization water from trace element salts. As experts in the field of premix production and application point out [1-4], highly concentrated mixtures (less than 0.5%) should be produced without trace element salts. The practice of storing premixes has shown that contact of vitamins with each other has no negative consequences, except for choline chloride (Vit B4). Their activity is preserved for a considerable time [1, 5].

Mineral premixes are produced in any concentration, but it is important to note that potassium iodide is not compatible with copper salts [1, 6, 7]. With such a variation, a substitution reaction occurs and copper iodide is not absorbed by animals.

Studies by many authors [8-11] have proven that BAS preparations, if they are sufficiently dispersed, protected from external negative influences, are more compatible with each other. Those ingredients that are not compatible should be in a protected stabilized form.

The production of premixes requires certain attention to the preservation of the mixture in the product packaging, preventing excess moisture.

The storage rate of premixes is not expected to exceed the humidity level of more than 10%. Such conditions contribute to maintaining the stability of the product for up to four months.

The content of vitamins in standard premixes, which are recommended for certain types of animals and poultry, taking into account their age and productive characteristics, usually covers their needs, or is somewhat excessive in the corresponding feed components. Given that the absorption of vitamins by the animal body from feed components is not high, synthetic BAS preparations are introduced into the feed. An important aspect is that in feed ingredients there is a high variation in the content of vitamins in relation to the average statistical norms, but this does not affect the viability and productivity of animals and poultry as a whole. A significant underestimation or absence of a separate ingredient is not allowed, which is compensated by the introduction of synthetic forms.

Therefore, in the production of premixes, the introduction of synthetic vitamins is used, since their deficiency is practically observed, especially A, D, B2 and B12.

Synthetic preparations are introduced into the composition of compound feeds for the following reasons:

- poor absorption of individual vitamins due to the fact that they are part of compounds that are difficult to absorb;
- loss of natural activity of vitamins during long-term and incorrect storage of feed;
- destruction of vitamins during heat treatment of compound feeds, especially during their extrusion. Therefore, extrusion of ready-made compound feeds is not advisable.

In the publications of scientists and practitioners [12-17] it is noted that when vitaminizing feed, an important aspect is to maintain the ratio of vitamin content. Thus, with an overdose of vitamins D and E, vitamin K deficiency may occur.

As a rule, this applies to fat-soluble drugs. Overdose of B vitamins may cause metabolic disorders, which is dictated by the synergism and antagonism of drugs.

When producing premixes, it is important to clearly understand the biological role of vitamins and their need by the animal's body in order to obtain a highly effective product. Overdose of water-soluble vitamins does not have a significant disadvantage, since they are not deposited in the body and are easily excreted through the kidneys. It is known [18, 19] that B vitamins are precursors of coenzymes or prosthetic groups.

In practical animal husbandry, there is no specific vitamin or trace element. Therefore, in addition to the genetically determined need of the body during feeding, it is worth considering the condition of the animals, the conditions of keeping and feeding. This is confirmed by the fact that the norms of BAS introduction in rations are given in certain ranges.

Modern approaches to the production of compound feeds and premixes require the manufacturer to take into account the above-mentioned factors. The content of ingredients in premixes is highly variable and is determined by a complex of factors: from the biological needs of animals to the technological conditions of production. Optimizing the composition of premixes requires a systematic approach, taking into account bioavailability, stability, and interaction of components.

References

1. Zhang Y, et al. Stability and homogeneity of vitamin–mineral premixes in animal feed: challenges and solutions. *Anim Feed Sci Technol.* 2024; 315:115901. doi:10.1016/j.anifeedsci.2024.115901
2. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). Safety and efficacy of feed additives in premix formulations. *EFSA J.* 2023; 21(7):e08012. doi:10.2903/j.efsa.2023.8012
3. Liu H, et al. Microencapsulation technologies for improving stability of feed additives in premixes. *Powder Technol.* 2025; 435:119089. doi:10.1016/j.powtec.2024.119089
4. Singh AK, et al. Manufacturing practices and quality control in premix production for livestock feeds. *J Anim Sci.* 2024; 102(2):skad412. doi:10.1093/jas/skad412

5. Park JH, et al. Effects of storage conditions on nutrient degradation in premixes for animal feeds. *Anim Biosci.* 2025; 38(4):678–687. doi:10.5713/ab.24.0123
6. De Souza ALP, et al. Interactions between vitamins and trace minerals in premix systems: implications for stability and bioavailability. *Animals (Basel).* 2024; 14(3):512. doi:10.3390/ani14030512
7. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). Safety and efficacy of trace elements in feed premixes. *EFSA J.* 2023; 21(6):e07945. doi:10.2903/j.efsa.2023.7945
8. Liu H, et al. Microencapsulation technologies for improving stability of feed additives in premixes. *Powder Technol.* 2025; 435:119089. doi:10.1016/j.powtec.2024.119089
9. Adeola O, Cowieson AJ. Opportunities and challenges in the use of feed additives in premix systems. *J Anim Sci Biotechnol.* 2023; 14:85. doi:10.1186/s40104-023-00867-5
10. Singh AK, et al. Manufacturing practices and quality control in premix production for livestock feeds. *J Anim Sci.* 2024; 102(2):skad412. doi:10.1093/jas/skad412
11. Makarynska A., Iegorov, B. (2022). Теоретичне та експериментальне обґрунтування підготування біологічно активних речовин до виробництва високооднорідних сумішей. *Food Science and Technology*, 2022, 16(1). 30-40. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2288>
12. Suttle NF. Mineral and vitamin interactions in animal nutrition: updated perspectives. *Anim Feed Sci Technol.* 2024; 310:115624. doi:10.1016/j.anifeedsci.2023.115624
13. Leeson S, Summers JD. Vitamin requirements and interrelationships in poultry diets. *Poult Sci.* 2024; 103(2):102345. doi:10.1016/j.psj.2023.102345
14. Zhang B, et al. Effects of high dietary vitamin E on vitamin K metabolism and blood coagulation in poultry. *Animals (Basel).* 2025; 15(1):112. doi:10.3390/ani15010112
15. Schwalfenberg GK. Vitamins D and K: a synergistic or antagonistic interaction? *Nutrients.* 2023;15(9):1987. doi:10.3390/nu15091987
16. Zittermann A, Pilz S. Vitamin D and vitamin K interactions in health and disease. *Int J Mol Sci.* 2024; 25(3):1456. doi:10.3390/ijms25031456
17. Khan RU, et al. Role of vitamin E in poultry nutrition and its interaction with other fat-soluble vitamins. *Poult Sci.* 2025; 104(2):103456. doi:10.1016/j.psj.2024.103456
18. Kennedy DO. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy. *Nutrients.* 2023; 15(2):374. doi:10.3390/nu15020374
19. Combs GF, McClung JP. The Vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. 6th ed. *Academic Press.* 2024. doi:10.1016/C2019-0-02417-2

PROTEIN-VITAMIN COCKTAILS AS AN ELEMENT OF THE KETOGENIC DIET

Bondar Bogdan

Postgraduate student
Department of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Niemirich Oleksandra

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Yushchenko Nataliia

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Abstract. This paper investigates the role of protein-vitamin cocktails as a functional dietary component in the context of the ketogenic diet. The biochemical mechanisms of compatibility between high-protein supplements and ketotic metabolism are examined; the influence of various types of proteins and vitamin complexes on maintaining the state of ketosis, insulin levels, muscle mass, and the overall nutrient balance of the body is analyzed. Based on a review of domestic and foreign scientific publications, practical recommendations regarding the composition of protein-vitamin cocktails for individuals following a ketogenic diet are formulated.

Keywords: ketogenic diet, protein-vitamin cocktails, ketosis, protein metabolism, micronutrients, sports nutrition, gluconeogenesis, insulin resistance.

Introduction. The ketogenic diet (KD) is a dietary approach characterized by a sharp restriction of carbohydrates (generally to 20–50 g per day), moderate to high fat intake, and moderate protein consumption. Under conditions of carbohydrate deficiency, the body transitions to using ketone bodies as its primary energy source — a state known as nutritional ketosis [1, 2].

Protein-vitamin cocktails (PVC) are a widely used nutritional supplement among athletes, physically active individuals, and those seeking body weight correction. At the same time, the question of their compatibility with a ketogenic diet remains debatable: excessive protein intake can stimulate gluconeogenesis and remove the body from the state of ketosis [3]. Therefore, a detailed scientific analysis of this issue is extremely relevant for the practice of specialized nutrition.

Relevance of the Study. In recent years, the ketogenic diet has seen rapid growth in popularity in both sports medicine and clinical practice. According to an analysis of global nutrition trends, the proportion of individuals following a low-carbohydrate dietary approach increased by 37% between 2020 and 2024 [4]. Simultaneously, the

protein supplement market demonstrated an annual growth rate of 8–10%, reaching over USD 21 billion in 2024 [5].

Nevertheless, the issue of optimizing the composition of PVCs for individuals in a state of ketosis remains insufficiently studied. In particular, there is a lack of clear recommendations regarding:

- types of protein that have the least impact on insulin levels and ketosis;
- optimal doses of vitamins and minerals to replenish the deficiencies characteristic of the KD;
- the carbohydrate component of a cocktail that does not disrupt ketosis.

In the Ukrainian scientific space, this subject is at an initial stage of investigation, which underscores the relevance of the chosen topic [6].

Research Objective. The aim of the study is to systematize and analyze current scientific data from the past 5 years regarding the role of protein-vitamin cocktails in the structure of the ketogenic diet, to determine the optimal composition and conditions of PVC use for individuals following a ketogenic diet, and to formulate evidence-based recommendations for practical application.

Research Results:

1. Effect of Protein Type on Ketosis. A review of the literature showed that different types of proteins affect the insulin response and the state of ketosis differently. Whey protein, despite its high nutritional value, is characterized by a pronounced insulinotropic effect, which can potentially lower blood ketone levels [7]. In particular, a study by Volek et al. demonstrated that consuming 40 g of whey protein isolate caused an increase in insulin levels of 30–45% compared to baseline [8].

In contrast, casein protein and plant-based protein sources (pea, rice, hemp) demonstrate a significantly lower insulinotropic index. This can be explained by the prolonged release of amino acids and a moderate insulin response, which allows maintaining a stable level of ketonemia without the risk of exiting the metabolic state of ketosis. A study by Gwin et al. found that the slow absorption of casein protein is a more suitable option for individuals in a state of ketosis due to the gradual release of amino acids without sharp insulin spikes [9].

Collagen protein (collagen peptides) occupies a special place among supplements for the ketogenic diet, as it practically does not stimulate an insulin response and supports joint and skin health [10]. Wilson et al. confirmed the advisability of including 10–20 g of collagen peptides in the PVC composition for individuals following a ketogenic diet.

2. Vitamin and Mineral Deficiencies on the Ketogenic Diet. The ketogenic diet is associated with a specific profile of nutrient deficiencies, primarily B vitamins (B1, B3, B9), vitamin C, and minerals — sodium, potassium, magnesium, calcium, and zinc [11]. This is due to the sharp reduction in consumption of grains, fruits, and certain vegetables.

According to data from Bostock et al., 68% of participants following a strict ketogenic diet exhibited magnesium deficiency, manifested as muscle cramps, sleep disturbances, and decreased athletic performance [12]. N. V. Zakharenko and T. I. Lysenko conducted a study of 84 Ukrainian athletes and found that combining a

ketogenic diet with vitamin-mineral complexes containing magnesium (300–400 mg/day), potassium (1,000–2,000 mg/day), and sodium significantly reduced the manifestations of carbohydrate withdrawal syndrome («keto-flu») and improved physical performance [6].

B-vitamin deficiency in the KD is reflected in reduced energy metabolism and nervous system function. Tóth et al. recommend including in the PVC for a ketogenic diet: vitamins B1 (thiamine, 100 mg), B6 (pyridoxine, 10–25 mg), B12 (cyanocobalamin, 500–1,000 mcg), and folic acid (400–800 mcg) [13].

3. Composition of the Protein-Vitamin Cocktail for the Ketogenic Diet. Based on the analysis of scientific sources, the following approximate PVC formula for individuals on the ketogenic diet is proposed (calculated per serving at an average daily caloric intake of 2,000 kcal):

- Protein: 25–35 g (micellar casein or a mixture of casein and pea-rice protein in a 1:1 ratio).
- Fats: 5–10 g (MCT oil powder or Ghee butter).
- Prebiotics: inulin or psyllium 5–10 g.
- Vitamins: B-group complex, vitamin D3 (2,000–5,000 IU), vitamin C (500–1,000 mg).
- Minerals: magnesium (150–200 mg), potassium (200–500 mg), sodium (200–400 mg), zinc (5–10 mg).

This formula complies with the recommendations formulated in the works of Paoli et al. [14] and V. V. Anishchenko [15], and ensures the maintenance of ketosis while providing adequate nutrient intake.

An important element of the functional orientation of PVCs is the inclusion of soluble dietary fiber. Since a sharp restriction of carbohydrates often leads to a deficiency of dietary fiber, the addition of prebiotics (specifically inulin or psyllium) at 5–10 g per serving is technologically justified. Such components have a zero glycemic response, support normal gut microflora, and improve the organoleptic properties of the beverage, providing a prolonged feeling of satiety and promoting the growth of beneficial bacteria without disrupting metabolic adaptation.

4. The Role of PVCs in Preserving Muscle Mass During the Ketogenic Diet. One of the key concerns when following the KD is the potential loss of muscle mass. However, a number of clinical studies refute this hypothesis provided that adequate protein intake is maintained. Tinsley et al. in a randomized controlled trial (n = 60) showed that supplemental PVC intake (30 g protein/day) against a background of the ketogenic diet significantly preserved muscle mass (–0.3 kg vs. –1.8 kg in the control group without PVC) over a 12-week observation period [16].

A study by O. M. Horodnia et al., conducted at the O. O. Bohomolets Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, confirmed that PVC intake with casein protein at a dose of 1.6–1.8 g/kg body weight per day under KD conditions ensured a positive nitrogen balance and minimized skeletal muscle catabolism [17].

Discussion. The results obtained indicate that protein-vitamin cocktails can be effectively integrated into the structure of the ketogenic diet, provided that their

composition is properly selected. The key factor is the choice of protein type: preference should be given to casein and plant-based sources, which have less impact on insulin secretion compared to whey protein [7, 9].

At the same time, it should be noted that the issue of individual insulin response to various types of protein is extremely variable and depends on genotype, gut microbiome, degree of adaptation to the KD, and level of physical activity [18]. Therefore, recommendations for PVC use should be of a personalized nature.

The vitamin-mineral component of PVCs in the KD is no less important than the protein component. The results of the analysis confirm the systemic nature of micronutrient deficiencies inherent in the ketogenic diet. Special attention should be paid to the «magnesium–potassium–sodium» triad, the deficiency of which is the main cause of carbohydrate withdrawal syndrome («keto-flu») during the adaptation period [12].

A promising direction is the inclusion of ketogenic auxiliary substances in the PVC formulation for the KD — exogenous ketones (beta-hydroxybutyrate), MCT powder, and electrolyte complexes, which can accelerate and stabilize the state of ketosis. However, data on their effectiveness in combination with protein supplements require further clinical confirmation [14, 19].

Conclusions:

1. Protein-vitamin cocktails can be appropriately used within the framework of the ketogenic diet, provided that the type and dose of protein are correctly selected: preference should be given to casein or plant-based protein (25–35 g per serving) with a minimal carbohydrate content (up to 5 g).

2. It has been established that the integration of PVCs into the diet is most critical during the keto-adaptation phase (the first 2–4 weeks of transition). It is during this period that the body most acutely experiences an electrolyte deficit and the risk of muscle catabolism due to the adaptive restructuring of energy metabolism. The use of protein-vitamin complexes during this timeframe minimizes the manifestations of «keto-flu», stabilizes the nitrogen balance, and accelerates the metabolic transition to using endogenous and exogenous fats as the primary energy source.

3. The vitamin-mineral component of PVCs in the KD must contain a mandatory complex of magnesium (150–200 mg), potassium, sodium, vitamin D3, and B vitamins to compensate for the specific nutrient deficiencies of the ketogenic diet.

4. The inclusion of PVCs with casein protein at 1.6–1.8 g/kg body weight/day under ketogenic diet conditions significantly preserves muscle mass and ensures a positive nitrogen balance.

5. The issue of PVC use in the context of the KD remains insufficiently studied in the Ukrainian scientific literature, which identifies prospects for further research in this field.

References:

1. Masood W., Annamaraju P., Uppaluri K. R. Ketogenic Diet. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499830/>

2. Paoli A., Rubini A., Volek J. S., Grimaldi K. A. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2020. Vol. 67, No. 8. P. 789–796. DOI: 10.1038/ejcn.2013.116
3. Harvey C. J. D. C., Schofield G. M., Williden M. The use of nutritional supplements to induce ketosis and reduce symptoms associated with keto-induction: a narrative review. *PeerJ*. 2021. Vol. 6. P. e4488. DOI: 10.7717/peerj.4488
4. Mordor Intelligence. *Ketogenic Diet Market — Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021–2026)*. Mordor Intelligence Report. 2021. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ketogenic-diet-market>
5. Grand View Research. *Protein Supplements Market Size, Share & Trends Analysis Report*. 2024. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/protein-supplements-market>
6. Zakharenko N. V., Lysenko T. I. The influence of vitamin-mineral complexes on the adaptation of athletes to the ketogenic diet. *Sports Medicine*. 2023. No. 1. P. 42–49.
7. Manninen A. H. Protein hydrolysates in sports nutrition. *Nutrition & Metabolism*. 2020. Vol. 6, No. 1. P. 38. DOI: 10.1186/1743-7075-6-38
8. Volek J. S., Phinney S. D., Krauss R. M. Whey protein and insulin response during ketogenic dieting: a randomized crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2021. Vol. 18. P. 34. DOI: 10.1186/s12970-021-00430-6
9. Gwin J. A., Church D. D., Wolfe R. R., Ferrando A. A., Pasiakos S. M. Differential effects of casein and whey protein on insulinemia and ketogenesis. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, No. 1. P. 74. DOI: 10.3390/nu12010074
10. Wilson J. M., Lowery R. P., Roberts M. D. et al. The effects of ketogenic dieting on body composition, strength, power, and hormonal profiles. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022. Vol. 34, No. 12. P. 3463–3474.
11. Bostock E. C. S., Kirkby K. C., Taylor B. V., Hawrelak J. A. Consumer reports of «Keto Flu» associated with the ketogenic diet. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. P. 20. DOI: 10.3389/fnut.2020.00020
12. Bostock E. C. S., Kirkby K. C., Taylor B. V. The current status of the ketogenic diet in psychiatry. *Frontiers in Psychiatry*. 2020. Vol. 12. P. 43–59. DOI: 10.3389/fpsy.2021.638868
13. Tóth C., Clemens Z. Type 1 diabetes mellitus successfully managed with the paleolithic ketogenic diet. *International Journal of Case Reports and Images*. 2021. Vol. 6, No. 12. P. 699–703.
14. Paoli A., Cenci L., Pompei P. et al. Effects of two months of very low carbohydrate ketogenic diet on body composition, muscle strength, muscle area, and blood parameters in competitive natural body builders. *Nutrients*. 2021. Vol. 13, No. 2. P. 374. DOI: 10.3390/nu13020374
15. Anishchenko V. V. Peculiarities of protein supplement use under low-carbohydrate nutrition conditions. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*. 2022. Issue 175. P. 127–135.

16. Tinsley G. M., Willoughby D. S., La Bounty P. M. Protein supplementation during ketogenic dieting: effects on body composition and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2022. Vol. 19, No. 1. P. 1–15.
17. Horodnia O. M., Chorna H. V., Lukianova L. D. The effect of casein protein on nitrogen balance under ketogenic diet conditions. *Physiological Journal*. 2024. Vol. 70, No. 1. P. 55–63. DOI: 10.15407/fz70.01.055
18. Kosinski C., Jornayvaz F. R. Effects of ketogenic diets on cardiovascular risk factors: evidence from animal and human studies. *Nutrients*. 2020. Vol. 9, No. 5. P. 517. DOI: 10.3390/nu9050517
19. Evans M., Cogan K. E., Egan B. Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. *Journal of Physiology*. 2022. Vol. 595, No. 9. P. 2857–2871. DOI: 10.1113/JP273185

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКІВ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ КОМАХ

Макаринська Алла Василівна,

д.т.н., доцент,
зав. кафедри технології зерна і комбікормів

Козак Олександр Анатолійович,

аспірант

Ворона Ніна В'ячеславівна,

к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

В умовах глобальних кліматичних змін, стрімкого зростання чисельності населення у світі та збільшення попиту на продукцію тваринництва спостерігається гостра необхідність розробки альтернативних і стійких джерел білка для кормових цілей. У цьому контексті комахи набувають статусу перспективного джерела білка для кормових раціонів, адже вони забезпечують тварин усіма необхідними поживними речовинами, підтримуючи їхній здоровий ріст і розвиток [1].

Виробництво білка з комах та продуктів їх переробки є екологічно стійким завдяки значно нижчим потребам у землі, воді та кормах порівняно з традиційним тваринництвом. З огляду на зростання обсягів тваринництва й аквакультури, впровадження кормів на основі комах розглядається як стратегічний шлях до створення стабільного та екологічно збалансованого джерела білка.

Найпоширеніші види комах для переробки: личинки Чорної львинки або Black Soldier Fly (BSF) (*Hermetia illucens*), борошняний хробак (*Tenebrio molitor*), цвіркуни. Згідно з оглядом [2], оцінка виробництва BSF у 2023 склала ~0,332 млн. т продукції (larvae/продукція із личинок). Інші джерела дають ширший діапазон і прогнози: ~1,2 млн.т до 2025 р. [3]. Аналітичні агентства прогнозують дуже високе зростання: до 2 млн тонн до 2030–2035 (Meticulous Research)/ інші звіти прогнозують десятки мільйонів тон у 2033–2035 у різних сценаріях; у тому — до ~8,2 млн. т до 2033 р.) [4]. Великі гравці та кластери на ринку комах: Європа (Нідерланди, Франція), Північна Америка (США, Канада), Азія (Китай, Таїланд) та окремі африканські проекти — це основні регіони масового розгортання заводів з вирощування BSF, водночас багато малих та середніх ферм по всьому світу [5]. Наприклад, проекти AgriProtein — близько ~4000 т продукції на фабрику при переробці ~90 000 т біовідходів щорічно в типовому G-серійному заводі). Такі одиничні потужності множаться, але розподіл потужностей по компаніях дуже нерівномірний [6].

Комплексна переробка комах — це підхід, коли з однієї біомаси отримують одразу кілька корисних продуктів, а не лише білкове борошно чи жир. Такий метод дозволяє максимально використати сировину та зменшити відходи (рис. 1). Порівняльна характеристика продуктів переробки комах наведена у табл. 1. Основні продукти, які отримують при комплексній переробці комах:

1. Білкова мука — для кормів (птиця, свині, риба) та в перспективі для харчових продуктів людини (батончики, макарони, протеїнові добавки).

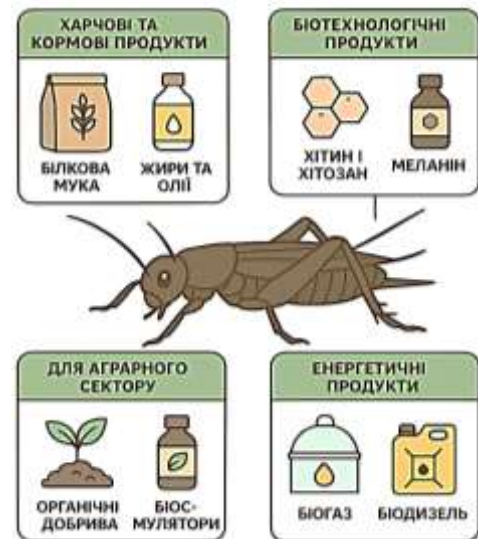


Рис. 1 – Промислове використання комах

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика продуктів переробки комах

Категорія продуктів	Вид продукту	Склад / основа	Сфера застосування	Основні переваги
Харчові та кормові	Білкова мука	40–70% білка, амінокислоти	Корма для птиці, риби, свиней; добавки для людей	Висока засвоюваність, альтернатива сої та рибному борошну
	Жири та олії	Лауринова, олеїнова кислота	Харчова промисловість, косметика, біодизель	Антимікробні властивості, стійкі при зберіганні
Біотехнологічні	Хітин і хітозан	Полімер з екзоскелету	Медицина, харчова та агро промисловість	Біорозкладні, антимікробні, стимулятори росту
	Меланін	Природний пігмент	Косметика Фармацевтика Електроніка	Захист від УФ Антиоксидант Висока стабільність
Аграрні	Органічні добрива (фрас)	Залишки з азотом, фосфором, калієм	Добриво для рослин і ґрунтів	Покращує структуру ґрунту, екологічне
	Біостимулятори	Ферменти та метаболіти	Сільське господарство	Підвищують врожайність, альтернатива хімії
Енергетичні	Біогаз	Метан з відходів	Опалення, енергетика	Відновлювана енергія, зменшує відходи
	Біодизель	Метиллові ефіри жирних кислот	Альтернативне паливо	Екологічніший за звичайний дизель

2. Жири та олії з комах — можуть застосовуватись у харчовій та комбікормовій промисловості, косметичі, фармацевтиці та як сировина для біопалива.

3. Гідролізати (рідкі білкові концентрати) — як кормові добавки або компоненти у виробництві добрив.

4. Хітин і хітозан (з екзоскелету комах) — застосовуються у медицині (засоби для загоєння ран, антимікробні плівки), у сільському господарстві (стимулятори росту рослин), у харчовій промисловості (загусники, харчові плівки).

5. Меланін (пігмент з покривів деяких видів) — перспективний у фармакології, косметології, сонцезахисних засобах.

6. Органічні добрива (фрас — залишки після переробки комах) — містять багато азоту, фосфору, калію, стимулюють ріст рослин.

7. Біостимулятори — продукти життєдіяльності комах, які покращують ґрунт.

8. Біогаз (з відходів виробництва) та біодизель (з олії комах).

9. Продукти для фармацевтики та біотехнологій (пептиди та ферменти).

10. Косметичні компоненти (жири, хітозан, протеїни).

Переробка комах на корми — один із найбільш динамічних напрямів аграрної біотехнології, що здатний замінити частину традиційних білкових джерел (соя, рибне борошно), знизити тиск на екосистеми й зробити тваринництво більш сталим.

Список літератури

1. Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H. (2013) Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO Forestry*, 171. ISBN: 978-92-5-107595-1, <https://www.researchgate.net/publication/239687589>

2. Shira Bukchin-Peles, Katie Baker Lozneva, Jeffery K. Tomberlin, David Zilberman (2025) From waste management to protein innovation: Black soldier fly as an embodiment of the circular bioeconomy. *Future Foods*, Volume 11, June 2025, 100592. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100592>

3. Dhanush Kenchanna, Tina Marie Waliczek, Merritt L. Drewery. (2024) Evaluating Black Soldier FLY (*Hermetia illucens*) Frass and Larval Sheddings in the Production of a Quality Compost, *Fermentation*, 10(12), 613. <https://doi.org/10.3390/fermentation10120613>

4. Global Black Soldier Fly Research Report 2024. https://www.globenewswire.com/news-release/2024/07/25/2918984/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Research-Report-2024-A-3-96-Billion-Market-by-2033-Growing-at-a-CAGR-of-31-Driven-by-Rising-Meat-Demand-Aquaculture-Emerging-Developed-Economies.html?utm_source=chatgpt.com

5. Black Soldier Fly Farming: How it works. https://flybox.bio/black-soldier-fly-farming-how-it-works/?utm_source=chatgpt.com

6. Agriprotein plans global expansion. https://www.aquafeed.com/products/suppliers-news/agriprotein-plans-global-expansion/?utm_source=chatgpt.com

ПЕРСОНАЛІЗОВАНІ КОНЦЕПЦІЇ ХАРЧУВАННЯ ЯК ОСНОВА НУТРИТИВНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я

Огуй Ярослав,
аспірант

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Науковий керівник:
Подобій Олена
к.т.н., доцент

Харчування є одним із ключових чинників, що визначають стан здоров'я людини, ризики розвитку неінфекційних захворювань та якість життя. Сучасні міжнародні рекомендації наголошують, що здоровий раціон має бути різноманітним, містити достатню кількість овочів, фруктів, цільних злаків, бобових і горіхів, а також передбачати обмеження солі, вільних цукрів, насичених і трансжирів. За даними ВООЗ, здорове харчування сприяє профілактиці мальнутриції в усіх її формах та знижує ризик серцево-судинних захворювань, цукрового діабету 2 типу, інсульту й окремих онкологічних хвороб [1].

У межах сучасної науки про харчування базовою залишається теорія раціонального харчування, відповідно до якої раціон повинен покривати енергетичні та пластичні потреби організму, бути збалансованим за основними нутрієнтами, безпечним і різноманітним. Водночас дедалі більшого значення набуває уявлення про те, що універсальні рекомендації мають обмежену ефективність без урахування індивідуальних особливостей людини. Саме тому сучасна нутриціологія поступово переходить від стандартизованих дієтичних моделей до персоналізованих підходів, які поєднують принципи раціонального харчування, превентивної медицини та цифрового супроводу [2].

Одним із найбільш показових прикладів науково обґрунтованої харчової моделі є середземноморська дієта. Її перевагою є не лише набір продуктів, а комплексний стиль харчової поведінки, що включає високе споживання овочів, фруктів, бобових, цільних злаків, оливкової олії, помірне споживання риби та обмеження надмірно обробленої їжі. Сучасні огляди підтверджують, що прихильність до середземноморської дієти пов'язана зі зниженням ризику серцево-судинних захворювань, ожиріння, метаболічного синдрому та цукрового діабету 2 типу [3, 4]. Саме тому цей тип раціону розглядають як одну з найбільш придатних моделей для профілактичного та персоналізованого харчування.

Поряд із регіональними моделями значний науковий інтерес викликають обмежувальні концепції харчування, зокрема інтервальне голодування. Сучасні дані свідчать, що за окремих умов цей підхід може сприяти корекції маси тіла,

покращенню чутливості до інсуліну та окремих кардіометаболічних показників. Водночас його ефективність залежить від тривалості, режиму, вихідного стану здоров'я та загальної якості раціону. Отже, інтервальне голодування не може розглядатися як універсальна стратегія, а потребує індивідуалізованого застосування та контролю можливих ризиків [5, 6].

Окрему увагу привертають рослинно-орієнтовані моделі харчування, які дедалі частіше розглядаються як дієвий інструмент нутритивної профілактики. Систематичні огляди свідчать, що якісно сплановані plant-based раціони асоціюються з покращенням кардіометаболічних показників і зниженням ризику хронічних неінфекційних захворювань. Разом із тим їх ефективність визначається не лише обмеженням або виключенням продуктів тваринного походження, а передусім нутрієнтною збалансованістю, ступенем оброблення продуктів та контролем можливих дефіцитів білка, вітаміну B12, вітаміну D, кальцію, заліза і цинку [7].

Розвиток сучасної нутриціології демонструє, що поряд із фізіологічними параметрами дедалі більшого значення набувають поведінкові, соціокультурні та індивідуально-психологічні чинники. У цьому контексті холістичні концепції харчування мають методологічне значення, оскільки розглядають їжу не лише як джерело енергії та нутрієнтів, а і як елемент способу життя, культури та комплаєнсу. Саме такий інтегративний підхід створює підґрунтя для персоналізації профілактичних стратегій і пояснює, чому одна й та сама дієтична модель може мати різну ефективність у різних груп населення.

Сучасні огляди визначають personalized nutrition як підхід, у межах якого рекомендації адаптуються до генетичних, метаболічних, фенотипових, поведінкових і соціокультурних особливостей конкретної людини [2, 8]. Персоналізоване харчування дає змогу підвищити ефективність профілактики, зменшити ризик нераціонального використання жорстких дієтичних схем і посилити прихильність до довготривалих змін харчової поведінки. Таким чином, воно може розглядатися як інтегративна модель, що поєднує доказові підходи різних концепцій харчування в межах індивідуалізованої профілактики.

Перспективним інструментом реалізації персоналізованого харчування є цифрові технології та штучний інтелект. За даними сучасних публікацій, AI може використовуватися для аналізу раціонів, біомаркерів, поведінкових патернів, оцінювання харчових ризиків і формування адаптивних рекомендацій у режимі реального часу [8, 9]. Поєднання доказової нутриціології, цифрового моніторингу та індивідуалізованого підходу доцільно розглядати як один із найперспективніших напрямів розвитку сучасної харчової науки.

Отже, сучасні концепції харчування доцільно розглядати не ізольовано, а як взаємодоповнювальну науково-практичну платформу для формування ефективних профілактичних стратегій. Раціональне харчування забезпечує доказовий базис, регіональні та рослинно-орієнтовані моделі демонструють профілактичний потенціал, обмежувальні концепції потребують критичного та індивідуалізованого застосування, а холістичні підходи поглиблюють розуміння харчування як складової способу життя. Саме тому персоналізоване харчування

слід вважати одним із найперспективніших напрямів сучасної нутриціології та превентивної медицини.

Список літератури

1. World Health Organization. Healthy diet. 2026. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
2. Singar S., Nagpal R., Arjamdi B., Akhavan N. Personalized Nutrition: Tailoring Dietary Recommendations through Genetic Insights. *Nutrients*. 2024;16(16):2673. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11357412/>
3. Xiao Y., Zhang Y., Lu Y., et al. Mediterranean diet in the targeted prevention and personalized management of chronic diseases. *EPMA Journal*. 2024. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11147989/>
4. Scaglione S., Murru E., Atzori A.S., et al. Effects of Mediterranean Diet on the Components of Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 2025;17(2):358. Available at: <https://www.mdpi.com/2072-6643/17/2/358>
5. Brasse P., Kessler A.C., Llanes M. Intermittent Fasting: Efficacy, Safety, and Its Impact on Body Composition and Metabolic Health. 2025. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12740946/>
6. Song Q., Zhang Y., Li F., et al. Intermittent fasting improves metabolic outcomes in overweight and obese populations and those with metabolic diseases. *Frontiers in Nutrition*. 2025. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2025.1664811/full>
7. Almontashiri S.A., Chandel N.S., AlJuraiban G.S. Plant-Based Diets and Their Role in Preventive Medicine. 2025. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11890674/>
8. Arshad M.T., Shahbaz M., Ali M., et al. Personalized Nutrition in the Era of Digital Health. 2025. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12474561/>
9. Agrawal K., Kumar M., Sharma P., et al. Artificial intelligence in personalized nutrition and food systems. 2025. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12325300/>

STRATEGIC IMPLEMENTATION OF ECO-DESIGN AS A FACTOR IN RESTAURANT INDUSTRY COMPETITIVENESS

Karpova Inesa

Assistant Lecturer

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Ivanova Nina

Ph.D., Associate Professor

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Kramarenko Dmytro

Ph.D., Associate Professor

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Hirenko Nataliia

Ph.D., Associate Professor

Luhansk Taras Shevchenko National University

Bykadorova Nataliia

Assistant Lecturer

Luhansk Taras Shevchenko National University

The issue of sustainable development has become a strategic priority for businesses in many sectors of the economy, including the restaurant industry. In the face of mounting global environmental challenges, including climate change, the overuse of natural resources, and waste accumulation, food industry enterprises are under increasing public and regulatory pressure to adopt responsible business practices. In Ukraine, the relevance of sustainable environmental practices in the restaurant industry is determined by global sustainable development trends and the specific characteristics of the domestic market, including growing consumer environmental awareness, the state's commitment to European integration and the need to rebuild the sector on qualitatively new, sustainable foundations during wartime.

Eco-design is one of the key tools that enables restaurants to systematically minimise their negative environmental impact throughout the entire life cycle of their products and services, from raw material extraction to waste disposal. Eco-design practices include the efficient use of energy and water, reducing food waste, selecting local and sustainable suppliers, and applying circular economy principles [1]. This study aims to analyse the theoretical foundations of eco-design and identify practical approaches to its implementation in the restaurant industry, enhancing establishments' environmental sustainability and competitiveness.

In recent years, sustainable development has become a key topic of discussion across various sectors of the global economy. Activities that adhere to the principles of sustainable development ensure the long-term viability of businesses while contributing to the harmonious preservation of the environment. In this context, products or services that reduce environmental impact while meeting social needs are emerging as solutions to promote ecological balance [2].

The main reason why sustainable development is relevant and important to the public is because of the threat to health and personal safety posed by climate change, pollution, and waste accumulation.

In the food industry, there is an urgent need for sustainable practices to reduce waste and the environmental impact of restaurant operations. Such measures include reducing water, energy and natural resource waste, focusing on local and environmentally responsible suppliers, and reusing and recycling materials [3]. As a result, establishments can gain a competitive advantage, as product or service differentiation is directly linked to a company's ethics and social responsibility.

Customers are the main stakeholders and are putting pressure on organisations to invest in sustainable development and change their production processes. This is directly linked to their growing awareness of environmental challenges, such as climate change, the scarcity of natural resources, the loss of biodiversity, environmental pollution, and the waste of resources.

Eco-design is a method of analysing the entire production process using environmental techniques and practices that increase the economic, social and environmental value of a product. Implementing eco-design practices, which consider a product's entire life cycle, can give a restaurant a significant competitive advantage.

The design stage is the most important stage in a product's life cycle, as cost, functionality, design and environmental impact are all determined at this point, from the extraction of raw materials to the end of the product's service life. When integrating sustainable development into business practices, the main objective of eco-design can be stated as creating eco-efficient products and services that reduce environmental impact during production [4].

The application of eco-design practices is essential for enterprises that recognise their responsibility for the entire product life cycle, given that the environmental impact extends from raw material extraction to final disposal. This approach promotes innovation, improves quality, reduces costs, opens up new markets and secures competitive advantages, thereby ensuring the enterprise's long-term success.

Developing eco-friendly products and services is one of the most reliable ways to achieve sustainable development. Eco-design can help companies reduce costs and waste, optimise energy and water consumption, and minimise material wastage. In the bar and restaurant sector, such practices can include reducing food waste, reusing and recycling packaging, using innovative technologies to manage fresh and perishable produce, and prioritising local suppliers.

The key benefits of sustainable development in the business environment include improved customer relations, reduced climate impact, mitigation of climate change and lower operating costs. In the face of fierce market competition, sustainable

development is becoming strategically important for organisations as it aligns their interests with those of their target audience, contributing positively to environmental conservation. Consequently, eco-design processes foster mutually beneficial relationships, enhancing the overall value of the catering establishment.

Despite the obvious advantages, the implementation of eco-design practices faces a number of serious obstacles. An analysis of the main challenges of this process reveals systemic bottlenecks requiring comprehensive organisational solutions. The diagram (Fig. 1) illustrates the sequence of key challenges faced by restaurant businesses during the transition to eco-design.

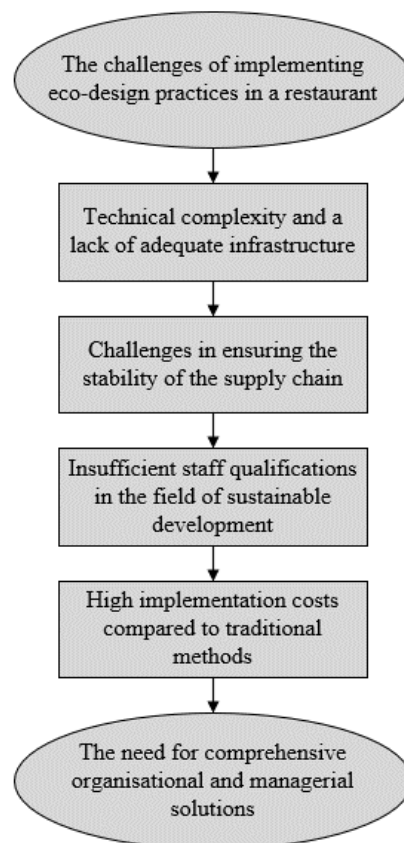


Figure 1. Challenges in implementing eco-design in a restaurant

Source of the figure: author's development

This sequence of challenges indicates that the effective implementation of eco-design requires a systemic transformation of the organisation's management culture rather than merely technical or infrastructural changes. A lack of training and knowledge regarding eco-design methods can also hinder the implementation of sustainable development practices, as a shortage of qualified personnel remains a key obstacle. Another significant problem is that the cost of implementation is relatively high compared to traditional methods, making the transition to sustainable practices impossible for many enterprises. Other obstacles to the implementation of these

practices include communication issues between management and staff, discrepancies between organisational culture and the ideals of sustainable development, insufficient awareness of specific practices and limited financial and material resources.

The food industry is one of the least sustainable sectors within the service industry. Restaurants have a significant environmental impact due to high levels of gas emissions and solid waste, as well as excessive energy, water and natural resource consumption. Therefore, implementing sustainable development is essential for reducing environmental damage. Recycling programmes help reduce waste, foster environmental awareness among staff and consumers, and reinforce commitment to a more responsible future.

Research findings suggest that eco-design is a strategically important tool for developing the restaurant sector, combining environmental responsibility with increased business competitiveness. Eco-design practices encourage a systematic approach to minimising a restaurant's environmental footprint throughout the entire production cycle. Despite the real challenges of implementation, growing consumer demand for environmentally responsible establishments, coupled with Ukraine's general commitment to sustainable development and European integration, means transformative changes in the sector are inevitable. Therefore, implementing eco-design practices contributes to environmental conservation and is a prerequisite for the long-term economic success of restaurants.

References:

1. Терещук Н. В., Транченко Л. В., Транченко О. М., Шашеро А. М. Екологізація готельно-ресторанного бізнесу. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2023. Т. 28, вип. 1(42). С. 105–114.
2. Полотай Б. Еко-тренди в ресторанному бізнесі. *Індустрія туризму і гостинності в Центральній та Східній Європі*. 2023. № 8. С. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.32782/tourismhospcee-8-13>.
3. Трушкіна Н. В. Циркулярна економіка: становлення концепції, еволюція розвитку, бар'єри, проблеми і перспективи. *Вісник економічної науки України*. 2021. № 1(40). С. 9–20. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1\(40\).9-20](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1(40).9-20).
4. Bittner N., Bakker N., Long T. B. Circular economy and the hospitality industry: A comparison of the Netherlands and Indonesia. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 444, Art. 141253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141253>

РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ НА БАЗІ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Скутар Ігор Дмитрович

кандидат фіз.-мат. наук,
асистент кафедри прикладної математики та інформаційних технологій,
факультет математики та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Юрченко Олег Ігорович

студент 5-го курсу
кафедри прикладної математики та інформаційних технологій,
факультет математики та інформатики,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Сучасні світові фінансові ринки характеризуються надвисокою волатильністю, алгоритмізацією торговельних процесів та генерацією колосальних обсягів даних у режимі реального часу. У таких умовах класичні методи економетричного аналізу (наприклад, лінійні моделі ARIMA чи GARCH) часто виявляються недостатньо ефективними для короткострокового прогнозування та стрес-тестування портфелів. З іншого боку, строгі математичні моделі стохастичного числення дозволяють адекватно оцінювати макроекономічні ризики, але не здатні самостійно адаптуватися до прихованих мікротрендів у "біржовому стакані заявок" (Order Book/DOM).

Отже, виникає практична потреба у створенні гібридних аналітичних систем. Такі системи повинні поєднувати теоретичний апарат дослідження стохастичних диференціальних рівнянь (СДР) для симуляції довгострокових ризиків із гнучкістю алгоритмів глибинного навчання (зокрема, рекурентних нейронних мереж) для пошуку патернів у високочастотних даних, забезпечуючи при цьому візуалізацію результатів у браузері без затримок.

Мета даного дослідження полягає у проєктуванні математичного забезпечення та практичній програмній реалізації веб-орієнтованого дашборду для симуляції, потокового аналізу та прогнозування динаміки фінансових активів (акцій та облігацій).

Для імітаційного моделювання фінансового ринку в ізольованому середовищі розробленої системи було використано дві фундаментальні стохастичні моделі [1, 2].

Динаміка цін ризикових активів (акцій, криптовалют) моделюється за допомогою геометричного броунівського руху (GBM), який лежить в основі

моделі Блека-Шоулза. Відповідне стохастичне диференціальне рівняння має вигляд:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t,$$

де S_t – ціна активу, μ – очікувана дохідність (дрейф), σ – волатильність, а W_t – стандартний вінерів процес.

Для безризикових або боргових інструментів (державних облігацій) використано модель Васічека [3], яка математично описується процесом Орнштейна-Уленбека [1, 2]:

$$dr_t = \alpha(\beta - r_t)dt + \sigma_r dW_t.$$

Ця модель враховує економічний феномен повернення до середнього (mean reversion), де α – визначає швидкість повернення ставки r_t до її довгострокового середнього значення β .

Алгоритми дискретизації та генерації. Оскільки обробка даних у системі відбувається дискретно в часі, для розв'язку наведених рівнянь застосовано метод наближених обчислень Ейлера-Маруями [4]. Для рівняння Васічека ітеративна схема виглядає як

$$r_{t+\Delta t} = r_t + \alpha(\beta - r_t)\Delta t + \sigma_r \sqrt{\Delta t} Z.$$

Генерація стандартних нормальних випадкових величин $Z \sim N(0,1)$, необхідних для імітації приростів вінерового процесу ΔW_t , реалізована за допомогою алгоритму Бокса-Мюллера, який трансформує рівномірно розподілені псевдовипадкові числа у нормальний розподіл через перехід до полярних координат.

Для задачі короткострокового прогнозування часових рядів (Time Series Forecasting) у систему інтегровано логіку рекурентної нейронної мережі з довгою короткостроковою пам'яттю (Long Short-Term Memory, LSTM) [5]. Вибір архітектури LSTM обґрунтовується її здатністю вирішувати проблему зникаючого градієнта (vanishing gradient), що дозволяє мережі виявляти нелінійні залежності у довгострокових ретроспективних вікнах даних.

Функція прогнозу

$$\hat{P}_{t+1} = f_{LSTM}(p_{t-kt}; \Theta)$$

навчається шляхом мінімізації середньоквадратичної помилки (MSE). У розробленому дашборді модуль генерує не лише математичне сподівання майбутньої ціни, але й обчислює довірчі інтервали (Confidence Intervals) на основі поточної волатильності, візуалізуючи їх у вигляді затіненого коридору ймовірностей.

Програмна архітектура та реалізація: інтерфейсна частина системи побудована як Single Page Application (SPA) з використанням бібліотеки React.js [6, 7]. Архітектурно додаток розділений на шар бізнес-логіки (математичні обчислення), шар управління станом (React Hooks) та шар представлення (SVG-рендеринг графіків на базі бібліотеки Recharts).

Ключовим інженерним досягненням проекту є реалізація модуля потокової обробки даних (Data Stream). Система підтримує два режими роботи, між якими можливе безшовне динамічне перемикання, а саме:

- 1) режим симуляції (SDE Mode): дані генеруються локально на клієнті з використанням рівнянь GBM та Васічека. Користувач може інтерактивно змінювати параметри дифузії через інтерфейсні повзунки та миттєво спостерігати зміну амплітуди коливань на графіках;
- 2) режим реального часу (Live Data Mode): система встановлює дуплексне з'єднання через протокол WebSocket з публічним API криптовалютної біржі Binance (потік @miniTicker для пари BTC/USDT).

Для запобігання витокам пам'яті (memory leaks) під час безперервного отримання високочастотних даних реалізовано алгоритм "вікна ковзання" (Sliding Window), який автоматично відсікає застарілі спостереження, підтримуючи константний розмір масиву стану та стабільну частоту кадрів візуалізації (60 FPS).

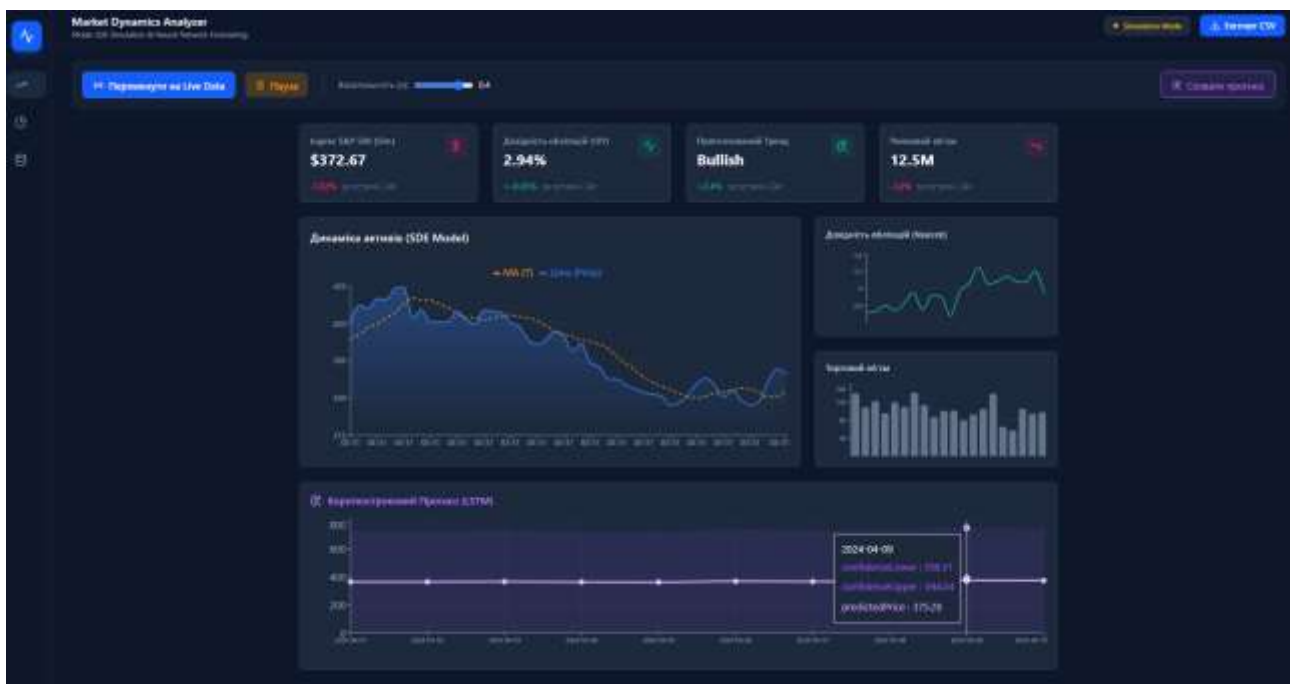
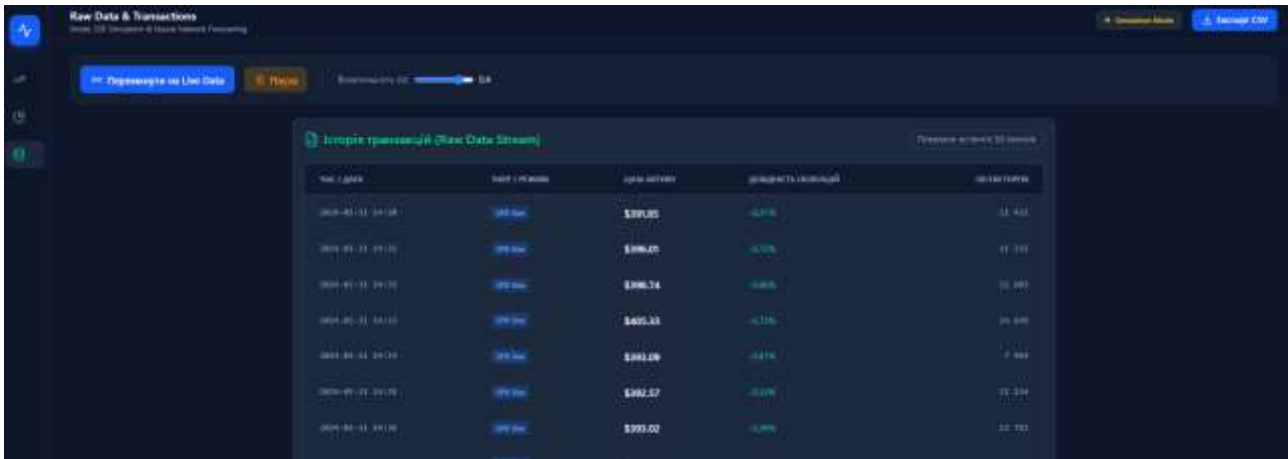


Рисунок 1. Вікно дашборду (динаміка активів, доходність, торговий об'єм, короткостроковий прогноз LSTM)

Джерело рисунку: авторський веб-додаток.



Дата	Тип	Ціна	Об'єм	Прибуток
2024-01-11 10:10	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:15	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:20	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:25	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:30	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:35	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:40	BUY	\$200.00	100	0.00
2024-01-11 10:45	BUY	\$200.00	100	0.00

Рисунок 2. Історія транзакцій

Джерело рисунку: авторський веб-додаток.

У ході виконання роботи було успішно розроблено та протестовано гібридну веб-орієнтовану систему фінансового аналізу. Доведено, що використання React.js у комбінації з протоколом WebSocket є оптимальним технологічним стеком для побудови високонавантажених торгових дашбордів. Інтеграція класичних моделей стохастичного числення (GBM, Vasicek) та алгоритмів нейромережевого прогнозування (LSTM) в єдиний інформаційний простір надає аналітикам комплексний інструментарій для моніторингу, стрес-тестування та предиктивного аналізу ринків у режимі реального часу.

Список літератури

1. Shreve S.E. Stochastic Calculus for Finance II: Continuous-Time Models.– Springer, 2004.
2. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering.– Springer Science & Business Media, 2003.
3. Vasicek O. An equilibrium characterization of the term structure // Journal of Financial Economics.– 1977.– Vol.5.– P.177-188.
4. Метод Ейлера-Маруями [Електронний ресурс].– Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%E2%80%93Maruyama_method
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation.– 1997.– Vol. 9, No. 8.– P.1735–1780.
6. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems.– O'Reilly Media, 2017.
7. Офіційна документація бібліотеки React [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://react.dev>

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ «EDUFLOW» НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ RAG ТА СУЧАСНОГО СТЕКУ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ

Фратавчан Тоня,

кандидат фіз.-мат.наук, доцент,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Івасюк Галина,

кандидат фіз.-мат.наук, доцент,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Бринзан Анастасія,

студентка,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Цифрова трансформація освітньої галузі на сучасному етапі характеризується переходом від простого надання доступу до навчальних матеріалів до створення інтелектуальних середовищ навчання. Якщо попередні покоління систем управління навчанням (LMS) виконували переважно функцію сховищ контенту, то сьогодні зростає потреба у системах, здатних забезпечити адаптивну, персоналізовану та інтерактивну взаємодію зі студентом. Водночас більшість традиційних LMS [1] залишаються обмеженими у впровадженні сучасних підходів штучного інтелекту, що знижує їх ефективність у контексті нових освітніх вимог.

Особливої актуальності набуває проблема інтеграції великих мовних моделей у навчальний процес. Незважаючи на їх потужні можливості, такі моделі мають суттєві обмеження, зокрема схильність до генерації недостовірної інформації («галюцинацій») та відсутність доступу до вузькоспеціалізованих або актуальних навчальних матеріалів. Це створює потребу у розробці архітектурних підходів, які дозволяють поєднати генеративні можливості AI з контрольованими джерелами знань.

В роботі запропоновано проектування та реалізацію інтелектуальної освітньої платформи «EduFlow», що базується на архітектурі Retrieval-Augmented Generation (RAG) та сучасному стеку веб-технологій, з метою підвищення якості взаємодії користувача з навчальним контентом [2].

У межах дослідження було спроектовано систему, у якій штучний інтелект інтегрований на рівні базової архітектури, а не виступає додатковим модулем. Основою рішення є використання підходу RAG, що передбачає попередній пошук релевантної інформації у спеціалізованих джерелах перед генерацією відповіді мовною моделлю. Такий підхід дозволяє суттєво підвищити точність

відповідей, забезпечити їх прив'язку до навчальних матеріалів і надати можливість перевірки джерел.

Реалізація платформи «EduFlow» здійснена з використанням монорепозиторної архітектури, що дозволяє об'єднати всі компоненти системи в єдиному середовищі розробки. Це забезпечує ефективне повторне використання коду, узгодженість типів даних та спрощення підтримки проєкту. Архітектура системи включає три основні модулі: користувацький веб-інтерфейс, серверну частину та інструментарій автоматизації. Такий підхід дозволяє чітко розмежувати відповідальність між компонентами та підвищити масштабованість системи.

Фронтенд платформи побудований із використанням сучасних можливостей фреймворку Next.js [3] та бібліотеки React. Зокрема, застосування серверних компонентів (React Server Components) дозволяє перенести частину логіки обробки даних на сервер, зменшуючи навантаження на клієнтський пристрій та обсяг передаваного JavaScript. Використання інтелектуального кешування та механізмів попереднього завантаження даних забезпечує швидку навігацію та покращує загальний користувацький досвід.

Особливу увагу приділено організації взаємодії користувача з контентом. Редактор навчальних матеріалів реалізовано за блоковим принципом, що дозволяє структурувати інформацію у вигляді окремих елементів (текст, мультимедіа, інтерактивні завдання), кожен з яких має власні метадані. Це створює передумови для більш гнучкої обробки контенту та його подальшого аналізу.

Серверна частина системи реалізована на базі FastAPI із використанням асинхронної моделі програмування. Це дозволяє ефективно обробляти велику кількість одночасних запитів, що є критично важливим для взаємодії з мовними моделями та векторними базами даних. Асинхронний підхід забезпечує оптимальне використання ресурсів введення-виведення, зменшуючи затримки при виконанні операцій, пов'язаних із зовнішніми сервісами.

Для зберігання та обробки даних використовується реляційна база даних PostgreSQL із розширенням pgvector, що дозволяє виконувати ефективний семантичний пошук. На відміну від традиційного пошуку за ключовими словами, векторний підхід враховує змістовну близькість текстів, що значно підвищує релевантність результатів. Це є критично важливим для реалізації архітектури RAG, де якість пошуку безпосередньо впливає на якість згенерованих відповідей.

Додатковим компонентом системи є модуль аналітики в реальному часі, реалізований із використанням сучасних інструментів обробки потокових даних. Це дозволяє викладачам отримувати оперативну інформацію про активність студентів, рівень засвоєння матеріалу та ефективність навчальних курсів. На основі цих даних можливе прийняття обґрунтованих рішень щодо вдосконалення освітнього процесу.

Важливою особливістю розробленого рішення є орієнтація на AI-native підхід, при якому штучний інтелект розглядається як фундаментальний елемент

системи. Це дозволяє реалізувати функції персоналізованого асистента, який здатний відповідати на запитання студентів, пояснювати складні теми та допомагати у навігації навчальним матеріалом.

У результаті проведеного аналізу та виконаної роботи було створено інтелектуальну освітню платформу EduFlow, яка поєднує сучасні підходи веб-розробки з можливостями штучного інтелекту. Запропоноване рішення демонструє, що використання архітектури RAG у поєднанні з векторними базами даних та асинхронними сервісами дозволяє суттєво підвищити якість освітніх систем.

Отримані результати підтверджують перспективність подальшого розвитку інтелектуальних навчальних платформ, орієнтованих на глибоку інтеграцію AI-технологій. Такий підхід відкриває нові можливості для персоналізації навчання, підвищення ефективності освітнього процесу та створення більш гнучких і адаптивних навчальних середовищ.

Список літератури:

1. AI LMS Platforms Compared: Best AI-Capable LMS for 2026 - D2L, доступ отримано лютого 19, 2026, <https://www.d2l.com/blog/ai-lms/>
2. Transforming Education: RAG Models Enhancing Content Recommendation - MyScale, доступ отримано лютого 19, 2026, <https://myscale.com/blog/rag-models-revolutionize-educational-content-recommendation/>
3. Next.js 16 Deep Dive: Performance, Caching, & the Future of React Apps - Medium, доступ отримано лютого 19, 2026, <https://medium.com/@rtsekov/next-js-16-deep-dive-performance-caching-the-future-of-react-apps-76c1e55c583a>

MEDIATIONSINSTRUMENTE ZUR STEIGERUNG DER EFFIZIENZ DER STRAFVERFOLGUNGSBEHÖRDEN

Khoptynskyi Artur,

Bachelorstudent der Juristischen Fakultät, Studiengang „Internationales Recht“,
Leonid Yuzkov Universität für Management und Recht,
Chmelnyzkyj

Bondarenko-Zelinska Nadiia

Professorin, Kandidatin der Rechtswissenschaften, Professorin der Abteilung für
Privatrecht, Leonid Yuzkov Universität für Management und Recht, Chmelnyzkyj

Mediation als alternativer Mechanismus zur Konfliktlösung trägt dazu bei, die Belastung der Strafverfolgungsbehörden zu verringern und deren Effizienz zu steigern. Mediationsverfahren werden als Alternative zu traditionellen gerichtlichen Streitbeilegungsmethoden eingeführt, wodurch sich die Polizei auf vorrangige Aufgaben konzentrieren kann, ohne übermäßig in zwischenmenschliche Konflikte, insbesondere Familien- oder Nachbarschaftsstreitigkeiten, involviert zu sein, die außergerichtlich beigelegt werden können [1, S. 224]. Die Einführung von Mediationsverfahren in die Tätigkeit der Nationalpolizei der Ukraine kann das Vertrauen der Bürger in die Strafverfolgungsbehörden stärken. Die Einführung der Mediation auf gesetzlicher Ebene stärkt nicht nur die Effizienz der Polizeiarbeit, sondern trägt auch zur Stärkung des Sozialkapitals und des Vertrauens der Bevölkerung in die Strafverfolgungsbehörden bei, was ein wichtiger Aspekt in einer demokratischen Gesellschaft und bei Polizeireformprozessen ist [2]. Mediation fördert die Entwicklung der Kommunikationsfähigkeiten von Strafverfolgungsbeamten und verbessert ihre Fähigkeit zur Konfliktlösung. Aktuelle Studien zeigen, dass die Einbeziehung von Mediationskompetenzen in die berufliche Ausbildung von Strafverfolgungsbeamten zu einer Verbesserung der Interaktion mit den Bürgern beiträgt und es ermöglicht, Konflikte während des Streifendienstes, bei Großveranstaltungen oder bei ersten Kontakten mit der Öffentlichkeit konstruktiv zu lösen, was die Qualität der Strafverfolgung insgesamt erhöht [3].

Mediationsverfahren in Strafverfahren können die Arbeit der Ermittlungsbehörden optimieren und eine schnellere Beilegung von Streitigkeiten zwischen Verdächtigen und Geschädigten gewährleisten. Beispielsweise wird im Rahmen von Strafverfahren (unter Kriegsrecht) Mediation zur Versöhnung der Parteien eingesetzt, was dazu beiträgt, die Dauer der Ermittlungen zu verkürzen, die gerichtliche Arbeitsbelastung zu minimieren und Konflikte ohne zusätzlichen Ressourcenaufwand der Strafverfolgungsbehörden zu lösen [4].

Die Zusammenarbeit der Strafverfolgungsbehörden mit lokalen Mediationsprogrammen trägt zu einer effektiveren Konfliktlösung bei und verringert die Notwendigkeit eines direkten Eingreifens der Polizei. Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass die Weiterleitung bestimmter Konflikte an zivilgesellschaftliche

Mediationsstrukturen es der Polizei ermöglicht, Ressourcen der Gemeinschaft zu nutzen, die Häufigkeit von Wiederholungsanrufen verringert und die Zusammenarbeit zwischen Bürgern und Polizei stärkt, was insgesamt die Sicherheit und soziale Stabilität verbessert [5].

Die Effizienz der Strafverfolgungsbehörden hängt in hohem Maße vom Grad der Kommunikation mit den Bürgern ab, insbesondere in Konflikt-, Krisen- oder Stresssituationen. Der Einsatz von Mediationsinstrumenten trägt dazu bei, Konflikte zu entschärfen, das Vertrauen in die Strafverfolgungsbehörden zu stärken und eine freiwillige Streitbeilegung zu gewährleisten, was den modernen europäischen Ansätzen der öffentlichen Verwaltung entspricht [6; 7]:

1. Neutrale Umformulierung. Dieses Instrument wird eingesetzt, indem konfliktträchtige Elemente (Vorwürfe, beleidigende oder verpflichtende Aussagen) aus den Sätzen entfernt werden, was dazu beiträgt, Spannungen abzubauen und den Dialog in eine konstruktive Richtung zu lenken [8]. Zum Beispiel: „Ich erhalte nicht die erwartete Reaktion auf das von mir angesprochene Problem.“ Dieser Ansatz zeugt von Respekt gegenüber dem Gesprächspartner und fördert eine effektive Kommunikation.

2. Offene Fragen. Die allgemeine Technik der offenen Fragen sieht vor, Fragen so zu formulieren, dass der Gesprächspartner die Situation möglichst detailliert beschreiben, seine eigene Position und seine Emotionen zum Ausdruck bringen sowie seine Bedürfnisse äußern kann. Das Hauptziel besteht darin, die andere Seite aktiv in den Dialog einzubeziehen, umfassende Informationen zu sammeln und eine Atmosphäre des Vertrauens zu schaffen [9]. Zum Beispiel: Was genau ist aus Ihrer Sicht passiert? Welche Lösung wäre für Sie akzeptabel? Was ist für Sie derzeit am wichtigsten?

3. Aktives Zuhören bedeutet, durch verbale und nonverbale Kommunikationsmittel zu bestätigen, dass der Gesprächspartner gehört und verstanden wurde [10]. Zu seinen Elementen gehören: kurze Bestätigungen („Ich verstehe“, „Ich höre Sie“); Rückfragen („Habe ich das richtig verstanden...?“); Zusammenfassung der erhaltenen Informationen. Der Einsatz dieses Instruments senkt das Aggressionsniveau und fördert eine konstruktive Interaktion.

4. Anerkennung von Emotionen (acknowledgement). Die Anerkennung des emotionalen Zustands einer Person ohne Bewertung ist ein wichtiger Bestandteil der Mediation, der dazu beiträgt, psychische Spannungen abzubauen [5]. Zum Beispiel: „Ich sehe, dass Sie diese Situation sehr empört / traurig macht.“ Dies vermittelt ein Gefühl von Respekt und fördert den weiteren Dialog.

5. Der Fokus liegt auf den Interessen, nicht auf den Positionen. Die Ausrichtung auf die Interessen der Parteien statt auf ihre formalen Forderungen ermöglicht es, für beide Seiten vorteilhafte Lösungen zu finden und Konfrontationen zu vermeiden [2]. Zum Beispiel: „Lassen Sie uns versuchen zu verstehen, was für Sie in dieser Situation besonders wichtig ist.“ Ein solcher Ansatz bildet die Grundlage für moderne Mediation und eine effektive Streitbeilegung.

Laut einer Umfrage der Nationalpolizei der Ukraine gaben im Jahr 2023 über 70 % der Polizeibeamten an, dass sich die Effizienz ihrer Arbeit und die Zusammenarbeit

mit den Bürgern nach einer Schulung in Mediationstechniken verbessert habe, und etwa 65 % der Konflikte in der Gemeinde konnten ohne Einschaltung der Justiz gelöst werden [1; 3].

Die Einbindung von Mediationsinstrumenten in die Tätigkeit der Strafverfolgungsbehörden ist somit ein wichtiger Ansatz zur Steigerung ihrer Effizienz. Der Einsatz solcher Instrumente trägt dazu bei, Konflikte zu entschärfen, das Vertrauen der Bevölkerung zu stärken und ein modernes, dienstleistungsorientiertes Modell der Strafverfolgung zu entwickeln, das den europäischen Standards entspricht.

Literaturverzeichnis

1. Дорошенко В. А. Роль медіації в діяльності правоохоронних органів. Вісник Харківського національного університету внутрішніх справ. 2024. № 4. С. 224–254.
URL: https://visnyk.univd.edu.ua/index.php/VNUAF/uk/article/view/824?utm_source
2. Дорошенко В. А. Упровадження медіативної процедури в діяльність правоохоронних органів. Проблеми сучасної поліцейстики: тези доп. IV наук.-практ. конф. Вінниця: ХНУВС, 2024. С. 96–99. URL: https://dspace.univd.edu.ua/items/ec04c984-ec37-48c7-a7bd760621edc261?utm_source
3. Романенко О. Формування навичок медіації в майбутніх правоохоронців. Юридична психологія. 2021. URL: https://psychped.navs.edu.ua/index.php/psychped/article/view/1533?utm_source
4. Khovpun O., Kichuk Y., Petrenko A. et al. Mediation as a conflict resolution tool in criminal proceedings in the context of martial law. Social and Legal Studios. 2024. URL: https://sls_journal.com.ua/en/journals/tom-7-1-2024/mediatsiya-yak-instrument-virishennya-konfliktiv-u-kriminalnomu-provadhennya-z-urakhuvanniam-osoblivostey-voyennogo-stanu?utm_source
5. Coletta C. How Police Departments Can Benefit From Referral to Community Mediation Programs. Office of Justice Programs. 2021. URL: https://ojp.gov/ncjrs/virtual_library/abstracts/how-police-departments-can-benefit-referral-community-mediation?utm_source
6. Закон України «Про медіацію» від 16.11.2021 № 1875-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1875-20>
7. Рекомендації Комітету Міністрів Ради Європи державам-членам щодо медіації. URL: <https://www.coe.int>
8. Moore C. W. The Mediation Process: Practical Strategies for Resolving Conflict. 4th ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2014. 768 p.
9. Fisher R., Ury W. Getting to Yes: Negotiating Agreement Without Giving In. 3rd ed. New York: Penguin Books, 2011. 204 p.
10. Basic Principles on the Use of Restorative Justice Programmes in Criminal Matters. United Nations, 2002. URL: <https://www.un.org>

АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ: ПОНЯТТЯ ТА ОСНОВНІ ОЗНАКИ

Бугайчук Костянтин Леонідович

д.ю.н., професор, завідувач науково-дослідної лабораторії
з проблем правового забезпечення діяльності поліції
та протидії злочинності ННІ № 2
Харківський національний університет внутрішніх справ

Розбудова України як суверенної, незалежної та правової держави передбачає, серед іншого, створення та подальшу оптимізацію системи публічного управління, завдяки якій забезпечується практична реалізація державної політики в усіх сферах соціально-економічного та суспільно-політичного життя.

Функціонування та розвиток системи публічного управління, будується на основі відповідних норм права, які у своїй сукупності утворюють певну систему нормативних актів або інших правових засобів, і в спеціальній літературі визначаються як «правове регулювання». Так, відповідно до наукових поглядів фахівців із теорії права під правовим регулюванням розуміють:

– сукупність прийомів та засобів юридичного впливу на поведінку суб'єктів суспільних відносин [1, с. 33];

– упорядкування суспільних відносин державою шляхом встановлення певних меж, закріплення норм і правил поведінки для осіб з метою забезпечення порядку й безпеки в суспільстві. [2, с. 263].

Таким чином типовими ознаками правового регулювання можна визначити наступні:

1) воно є різновидом соціального регулювання;

2) основою правового регулювання виступають норми права (загальнообов'язкові, формально визначені правила поведінки, встановлені або санкціоновані державою, що регулюють суспільні відносини. Норми права виступають стандартом дозволеної чи забороненої поведінки, а їх виконання гарантується державою і забезпечується її примусовою силою);

3) передбачає регламентацію та впорядкування відповідних суспільних відносин, які здійснюються від імені держави;

4) кінцевою метою правового регулювання є забезпечення прав та законних інтересів учасників суспільних відносин.

В свою чергу, правове регулювання, яке здійснюється в сфері публічного управління має свої відмінності, зумовлені особливим характером вказаних суспільних відносин, правовим статусом їх учасників, прийомами та способами впливу на ці відносини з боку уповноважених органів публічної адміністрації. З урахуванням вищевикладеного відповідний вид правового регулювання отримав у спеціальній літературі власну назву – «адміністративно-правове».

Аналіз публікацій, що присвячувалися питанням здійснення адміністративно-правового регулювання дає змогу зробити висновок, що серед наукової спільноти досі не має єдиної думки щодо його змісту та особливостей.

В узагальненому вигляді адміністративно-правове регулювання визначають, як здійснюваний усією системою адміністративно-правових засобів вплив суб'єктів публічної адміністрації на суспільні відносини з метою їх упорядкування, закріплення, охорони та розвитку [3, с. 211].

Пристосовано до окремих сфер суспільного життя адміністративно-правове регулювання представляється як:

1) сукупність адміністративно-правових норм та інших адміністративно-правових засобів, за допомогою яких закріплюють, впорядковують та охороняють відносини за участю суб'єктів владних повноважень у сферах фізичної культури та спорту [4, с. 277].

2) цілеспрямований нормативно-правовий вплив на суспільні відносини в межах конкретної територіальної громади, що здійснюється під час виконавчо-розпорядчої діяльності дільничних офіцерів поліції за допомогою визначеного в законі комплексу сил та засобів з метою забезпечення публічної безпеки та порядку, охорони прав та свобод людини та громадянина, протидії злочинам та іншим правопорушенням [5, с. 42].

Отже, як можна побачити із наведених поглядів на зміст адміністративно-правового регулювання, воно має власні особливості, що відрізняють її від споріднених категорій:

1) має державно-владний та публічний характер. Спрямовано, насамперед, на забезпечення публічних інтересів держави;

2) призначено для впорядкування суспільних відносин, що характеризуються нерівністю сторін. В цих відносинах суб'єкт управління, що наділений державно-владними повноваженнями має право видавати юридично-владні приписи, які зобов'язана виконувати інша сторона відносин – об'єкт управління;

3) під час здійснення адміністративно-правового регулювання привалює імперативний метод, що ґрунтується на відносинах субординації та використовує заборони, вказівки, встановлює певні межі поведінки які не можна змінювати за згодою сторін;

4) правові норми, що становлять його основу містяться у підзаконних нормативних актах (постановах Кабінету Міністрів України, наказах центральних органів виконавчої влади та ін.).

Адміністративно-правове регулювання здійснюється на основі відповідних правил та стандартів, які в узагальненому вигляді можна назвати принципами. До них, зокрема слід віднести наступні:

1) *верховенства права* (усі адміністративно-правові норми мають прийматися на основі Конституції та законів України і відповідати їм. Крім того відповідні норми права мають бути зрозумілими та передбачуваними і не допускати надмірно широкого трактування);

2) *законності* (дії органів публічної адміністрації та їх посадових осіб мають відповідати вимогам чинного законодавства);

3) *справедливості* (заходи впливу, що реалізуються у відповідних суспільних відносинах мають відповідати їх характеру та не бути надто суворими з тим, щоб не допустити порушень прав і свобод їх учасників. Принцип справедливості також передбачає заборону надмірного зловживання владними повноваженнями);

4) *публічності* (адміністративно-правове регулювання спрямоване на задоволення суспільних потреб. Публічний інтерес, як вже зазначалося, має привалювати над приватним);

5) *прозорості* (діяльність органів публічної адміністрації повинна бути доступною для контролю з боку громадськості і зрозумілою для інших осіб);

6) *ефективності* (адміністративно-правове регулювання має здійснюватися за допомогою оптимальної кількості наявних ресурсів і досягати поставленої мети у розумні строки).

Список літератури:

1. Кравчук С.Й. Теоретико-правові аспекти регулювання суспільних відносин. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2022. № 69 (2022). С. 31-36. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2021.69.4>

2. Чемодурова А. Правове регулювання та його ефективність у сучасному світі. Підприємництво. Господарство і право. 2020. № 4. С. 262-267. DOI: <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2020.4.44>

3. Галуцько В.В., Курило В.І., Короед С.О. та ін. Адміністративне право України. Т.1. Загальне адміністративне право: навчальний посібник. Грінь Д.С. 2015. 272 с.

4. Моргунов О.А. Поняття та механізм адміністративно-правового регулювання публічного адміністрування сфер фізичної культури і спорту. Юридичний науковий електронний журнал. 2019. № 3. С. 274-277.

5. Гуцуляк О. Поняття адміністративно-правового регулювання діяльності дільничних офіцерів поліції в контексті забезпечення безпеки територіальних громад. Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції. 2023. № 3 С. 38-42. DOI: <https://doi.org/10.32782/39221501>

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДОЗВІЛЬНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ

Лозинський Юрій Романович,

кандидат юридичних наук, доцент,
доцент кафедри адміністративно-правових дисциплін
навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності,
Львівський державний університет внутрішніх справ

Дозвільна система в Україні формується на основі законів та нормативно-правових актів Кабінету Міністрів, які визначають повноваження і відповідальність уповноважених органів. Окрім цього, порядок видачі дозвільних документів і погоджень деталізується у відомчих нормативних актах, що затверджуються центральними органами виконавчої влади. Ключовим нормативно-правовим актом у цій сфері є Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності», який регламентує діяльність уповноважених органів щодо видачі документів дозвільного характеру [1]. Цим законодавчим актом було запроваджено механізм отримання дозвільних документів через відповідні центри, що здійснюють їх видачу через державних адміністраторів, які координують взаємодію відповідних підрозділів органів виконавчої влади.

Прийняття Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» дало певні позитивні зрушення: вперше на законодавчому рівні було визначено, що потреба в отриманні дозволу та окремі процедури його отримання визначаються лише законами. Також було встановлено декларативний принцип отримання дозволу та принцип організаційної єдності, які мають бути застосовані до всіх процедур легалізації суб'єктів підприємництва і викладені в єдиному науково-практичному підході. Водночас законодавець підкреслює, що ця сфера є лише складовою ширшої дозвільної системи.

У сучасних умовах розбудови української державності адміністративно-правове регулювання зазнає суттєвих змін, зумовлених необхідністю забезпечення фундаментальних прав і свобод громадян, закріплених у Конституції України. Основною метою функціонування дозвільної системи є гарантування реалізації цих прав, зокрема недоторканності особи, її гідності та майна, а також забезпечення громадського порядку і безпеки. Саме ця мета визначає зміст і спрямованість усіх завдань дозвільної системи.

У науковій літературі дозвільна система розглядається як організаційно-правова діяльність держави, спрямована на захист економічних і соціально-політичних інтересів, створення умов для належного функціонування державних і громадських інституцій, дотримання законності, охорону власності та підтримання громадської безпеки [2]. Також її визначають як правовий порядок, що зобов'язує підприємства, установи й громадян отримувати дозволи у відповідних органах на здійснення певних дій, зокрема виготовлення, придбання, реалізацію, зберігання чи перевезення визначених об'єктів.

Разом із тим у теоретичних дослідженнях під дозвільною системою розуміють і сукупність правил, які регулюють порядок поведінки з предметами та об'єктами, що потребують особливого контролю з боку держави через потенційну небезпеку їх використання. Такий контроль спрямований на попередження правопорушень і недопущення використання цих об'єктів у злочинних цілях [3].

Попри широке використання терміну «дозвільна система», єдиного підходу до його трактування не існує. З одного боку, її розглядають як різновид спеціальної адміністративної діяльності, а з іншого – як явище, близьке за своєю природою до ліцензування. У широкому значенні дозвільна система охоплює порядок здійснення будь-яких дій, що потребують спеціального дозволу, який надається органами публічної адміністрації.

У вузькому розумінні дозвільна система стосується лише тих об'єктів, які визначені у відповідному положенні. Йдеться про предмети, матеріали та інші об'єкти, неконтрольоване використання яких може становити загрозу громадському порядку, безпеці громадян або бути використаним із протиправною метою.

Отже, дозвільна система – це сфера правових відносин, в якій компетентні органи публічної влади здійснюють діяльність за ініціативою фізичної або юридичної особи, предметом якої виступає суворо визначене чинним законодавством коло об'єктів, що потребують особливого нагляду та контролю з боку держави та результатом якої є видача індивідуального акта дозвільного характеру. Головною особливістю адміністративно-правового регулювання дозвільної системи в Україні є наявність управлінських інститутів публічної влади, внаслідок діяльності яких створюються умови для реалізації і захисту прав та свобод громадян у цій сфері.

Список літератури

1. Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності: Закон України від 06.09.2005 № 2806 IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2806-15#Text>
2. Мартиновський В. В. Дозвільна система як одна з форм реалізації виконавчої влади. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Вип. 3. Том 2. Х., 2015. С. 113–117.
3. Чуріков Д.С. Формування поняття «дозвільна система» у законодавстві України. *Право і суспільство*. 2010. № 4. С. 162-167.

ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ЄДИНОГО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ РЕЧОВИХ ПРАВ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО ТА ІНШИХ РЕЄСТРІВ: ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПОСВІДЧЕННЯ ПРАВОЧИНІВ ПРО ВІДЧУЖЕННЯ

Скляр Наталія Вадимівна

Студентка 2 курсу за ОС «Магістр»
спеціалізації «Нотаріат»

Навчально-наукового Інституту права
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Сьогодні нотаріальна діяльність в Україні все більше інтегрується в інформаційні системи держави. Відмова від автономного функціонування реєстрів на користь створення єдиного цифрового контуру, де Державний реєстр речових прав на нерухоме майно (ДРРП) взаємодіє з Державним реєстром обтяжень рухомого майна, Спадковим реєстром та Єдиним реєстром довіреностей, радикально змінює архітектуру нотаріального процесу [3]. Метою дослідження є розгляд того, як ця інтеграція впливає на попереджувальну функцію нотаріату та безпеку цивільного обігу.

Ще десятиліття тому нотаріус покладався переважно на паперові носії та витяги, що створювало ризики часового розриву між фактичним обтяженням майна та отриманням інформації про нього. Сьогодні інтеграція даних дозволяє реалізувати принцип «єдиного вікна». Нотаріус, маючи повний доступ до ДРРП, виступає одночасно і як особа, що посвідчує правочин, і як державний реєстратор [4]. Це нівелює ризики подвійного продажу та спрощує процедуру для суб'єктів права, проте значно підвищує професійну відповідальність самого нотаріуса за коректність внесених даних.

Якість нотаріального посвідчення правочину з відчуження нерухомості прямо корелює з повнотою та достовірністю інформації про об'єкт та його власника. В умовах інтегрованого цифрового середовища поняття «юридичної чистоти» перестає бути лише питанням перевірки правостановлювального документа. Завдяки інтеграції Державного реєстру речових прав на нерухоме майно (ДРРП) з іншими реєстрами, нотаріус може здійснити превентивний комплексний аудит об'єкта за кількома напрямками.

Першим є інтеграція ДРРП та Єдиного державного реєстру судових рішень, що надає нотаріусам змогу виявляти потенційно приховані судові спори. Існувала практика, коли на момент вчинення правочину суд вже виніс рішення про арешт або анулювання попереднього договору, але паперова ухвала ще не надійшла до реєстратора. Сьогодні доступ до реєстру судових рішень за номером об'єкта чи ПІБ власника дозволяє нотаріусу діагностувати ризики ще на етапі підготовки правочину та фактично унеможлиблює відчуження «спірного» майна [1].

По-друге, інтеграція з Єдиним реєстром боржників і Автоматизованою системою виконавчого провадження. Перевірка стає більш якісною через автоматичне блокування реєстраційних дій, якщо продавець занесений в ці реєстри. Це забезпечує захист прав не лише покупця, а й кредиторів (зокрема, банків та держави), запобігаючи виведенню активів боржником. Для нотаріуса це означає, що він отримує автоматизований інструмент для відмови у нотаріальній дії, який базується на надійних даних системи, а не на суб'єктивних твердженнях сторін.

По-третє, інтеграція з Державним земельним кадастром (ДЗК) вирішує фундаментальну проблему невідповідності даних про земельну ділянку та розташований на ній будинок. Принцип «єдності юридичної долі» земельної ділянки та будівлі (ст. 120 ЗК України) реалізується через автоматичний обмін даними: нотаріус при відчуженні будівлі зобов'язаний перевірити кадастровий номер та цільове призначення землі. Отже, синхронізація ДРРП і ДЗК дозволяє уникнути «накладок» ділянок чи продажу будинку без належного оформлення прав на землю, що раніше було поширеною проблемою і тривалою судовою тяганиною.

Окремим аспектом якості є перевірка суб'єктного складу через інтеграцію з Державним реєстром актів цивільного стану (ДРАЦС). Це дозволяє нотаріусу в режимі реального часу перевірити [3]:

- **Сімейний стан продавця:** чи була нерухомість набута в шлюбі, що вимагає згоди другого з подружжя, навіть якщо в правовстановлювальному документі власником значиться лише одна особа.
- **Факт смерті:** запобігання шахрайським схемам з відчуження майна від імені померлих осіб за підробленими довіреностями.
- **Родинні зв'язки:** що є критичним при реалізації переважного права купівлі частки у спільній частковій власності.

Приклад впливу на практику:

До впровадження інтеграції нотаріус міг лише здогадуватися про наявність шлюбу, якщо в паспорті не було відповідної відмітки. Зараз пряий запит до ДРАЦС дає юридично значущу відповідь, що робить перевірку «чистоти» об'єкта абсолютною, а не імовірною.

Варто підкреслити і те, що сама інтеграція даних створює нову проблему, «інформаційного перевантаження» нотаріуса і технічних помилок, які будуть у реєстрах. Якість перевірки залежить від того, наскільки коректно дані були перенесені з паперових архівів БТІ до електронних баз. Тобто нинішня «юридична чистота», це баланс між довірою до автоматизованої системи та професійним скептицизмом нотаріуса, який повинен зіставляти цифрові дані з оригіналами документів.

Наступним кроком інтеграції стає впровадження системи «Е-нотаріат», де кожен етап посвідчення правочину (від запису на прийом до архівування акта) буде цифровим слідом. Використання технології розподілених реєстрів

(Blockchain) могло б забезпечити неможливість видалення записів про арешти чи обтяження заднім числом, що є критично важливим для боротьби з «чорними реєстраторами».

Вплив цифровізації на якість нотаріальних дій в Україні не може бути проаналізований без звернення до досвіду країн, що є лідерами зокрема у розвитку електронного урядування та класичного латинського нотаріату. Найблищими по духу до порівняння є моделі Естонії та Німеччини, що демонструють дві різні, однаково ефективні моделі інтеграції держреєстрів у нотаріальну практику.

Естонська модель: повна інтеграція та екосистема X-Road. Естонія є визнаним світовим лідером у сфері цифрового нотаріату. Основа їхнього успіху - це система обміну інформацією «X-Road», що підтримує безперебійну інтеграцію між усіма державними інформаційними системами. Естонська модель: нотаріус інтегрований в систему не як зовнішній користувач, а як справжній вузол цифрової державної мережі.

Ключова особливість – це принцип «e-Notary», у вигляді якого виступає спеціалізована інформаційна система, що сама втягує інформацію про нерухомість, його обтяження, податкову історію та життєздатність осіб під час відкриття нотаріальної справи. Якість заповнення транзакцій в Естонії здійснюється через принцип «Once-Only» (лише один раз): держава не має права вимагати від громадянина паперову довідку, якщо ці дані вже є в будь-якому реєстрі. Для нотаріуса це означає, що навіть такі деталі, як платежі по комунальних послугах або будь-які неоплачені штрафи, що потенційно можуть зашкодити продажу, перевіряються автоматично. Тобто, естонська інтеграція дала можливість “дистанційного посвідчення”, при якому нотаріус підтверджує особу за відеозв’язком та система автоматично порівнює біометрію обличчя з даними паспортного реєстру.

Німецька модель: безпека і «Електронний архів актів» Німеччина, як батьківщина класичного латинського нотаріату, пропонує більш консервативний, але надзвичайно надійний підхід до інтеграції. Німецька модель зосереджена на безпечності передавання даних між нотаріусом і Поземельними книгами. На відміну від Естонії, у Німеччині поставлено завдання сформувати захищену мережу нотаріусів ізольовану від загальної мережі Інтернет.

Важливе підґрунтя для інтеграції в Німеччині було закладено за допомогою «Електронного архіву нотаріальних актів». У процесі передачі нерухомості нотаріус не просто записує дані до реєстру, а формує цифрову копію акту, що одразу ж надається реєстраційним органам через захищений канал. Якість волевиявлення забезпечується тут подвійною перевіркою: спершу нотаріусом за допомогою цифрових інструментів, а потім з автоматизованою системою перевірки цілісності даних Поземельної книги. Німецький досвід надзвичайно цінний для України у питанні створення системи «Е-нотаріат», тому що він демонструє, що інтеграція реєстрів не має призводити до компрометації ролі особистого контролю нотаріуса за законністю волевиявлення.

Порівняння цих моделей дозволяє очікувати, що Україна і далі рухатиметься «середнім шляхом». Ми запозичуємо у Естонії концепцію багатофункціональних реєстрів та сервісу «Дія», а у Німеччині — високі стандарти відповідальності нотаріуса як «вартового» реєстру речових прав.

Цифрова трансформація нотаріального процесу докорінно змінює архітектуру захисту майнових прав, трансформуючи нотаріуса з реєстратора документів у аналітика цифрових даних. Інтеграція Державного реєстру речових прав на нерухоме майно із суміжними реєстрами (ДРАЦС, ЄДРСР, Реєстр боржників) дозволяє реалізувати принцип «єдиного вікна», що критично підвищує якість перевірки «юридичної чистоти» об'єкта та мінімізує ризики рейдерства.

Впровадження інструментів е-нотаріату (КЕП, «Дія.Підпис», дистанційне посвідчення) не повинно нівелювати засади латинського нотаріату. Оптимальною є «гібридна модель», де цифрова верифікація поєднується з особистим контролем нотаріуса за вільним волевиявленням сторін. Враховуючи досвід Естонії та Німеччини, пріоритетними напрямками вдосконалення вітчизняного нотаріату є створення єдиного реєстру дозволів органів опіки, впровадження відеофіксації нотаріальних дій та перехід до централізованого електронного архіву.

У підсумку, цифровізація зміцнює превентивну функцію нотаріату, забезпечуючи стабільність цивільного обороту та беззаперечність права власності в цифровому середовищі.

Список використаної літератури:

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3–4. – Ст. 27 (зі змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 15.04.2026).

2. Закон України Про нотаріат : Закон України від 02.09.1993 № 3425-XII // Відомості Верховної Ради України. – 1993. – № 39. – Ст. 383 (зі змінами та доповненнями, редакція станом на 01.01.2026). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3425-12> (дата звернення: 15.04.2026).

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2023 р. № 1406 «Деякі питання функціонування Єдиної державної електронної системи е-нотаріату» (зі змінами, внесеними постановою КМУ від 04.06.2024 № 619) // Офіційний вісник України. – 2024. – № 1. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1406-2023-п> (дата звернення: 15.04.2026).

4. Порядок ведення Державного реєстру речових прав на нерухоме майно : затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 26.11.2011 № 1141 (зі змінами та доповненнями).

5. Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо поетапного запровадження Єдиної державної електронної системи е-нотаріату : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.05.2024 № 619 // Офіційний вісник України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/619-2024-п> (дата звернення: 15.04.2026).

6. e-Estonia. X-Road – Interoperability services. URL: <https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/> (дата звернення: 15.04.2026).

7. Estonian Chamber of Notaries. Estonia's fully remote e-notary service – 1st state e-service of its kind in Europe. URL: <https://e-estonia.com/estonias-fully-remote-e-notary-service-1st-state-e-service-of-its-kind-in-europe/> (дата звернення: 15.04.2026).

8. Bundesnotarkammer. Elektronischer Rechtsverkehr und elektronische Aktenführung im Notariat (Електронний правовий обіг та електронне ведення справ у нотаріаті Німеччини). URL: <https://www.bnotk.de/> (дата звернення: 15.04.2026). (Інформація про електронний архів нотаріальних актів та інтеграцію з поземельними книгами – Grundbuch).

9. Гуменюк В. В. Правові трансформації нотаріальної діяльності під впливом цифровізації : матеріали наук.-практ. конф. // Вісник Ужгородського національного університету. Серія : Право. – 2025. – Вип. 1. – С. 145–152. (або аналогічна актуальна стаття за темою інтеграції реєстрів).

ОСОБЛИВОСТІ НОТАРІАЛЬНОГО ПОСВІДЧЕННЯ ПРАВОЧИНІВ З ВІДЧУЖЕННЯ НЕРУХОМОГО МАЙНА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ: ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ КЕП ТА РЕЄСТРІВ

Скляр Наталія Вадимівна

Студентка 2 курсу за ОС «Магістр»
спеціалізації «Нотаріат»

Навчально-наукового Інституту права
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Сучасний етап розвитку цивільного обороту в Україні характеризується швидкою цифровою трансформацією, що фундаментально змінює традиційні засади латинського нотаріату. Перехід до концепції «Е-нотаріату» ставить перед вченими та практиками питання, як забезпечити баланс між швидкістю транзакцій та їхньою безпекою [1,2,3]. Нотаріус, як делегований представник держави, у цифровому середовищі перетворюється з того, хто реєструє паперові документи, на того, хто підтверджує достовірність цифрових даних, що вимагає встановлення нових процесуальних стандартів.

Безумовно, цифрова трансформація нотаріату не має обмежуватися лише оцифруванням паперового документа. Йдеться про принципово новий підхід в праві, де роль печатки та підпису замінює надійний цифровий захист. Разом з тим, чи зможе нотаріус у майбутньому забезпечити особисту зустріч клієнтів та їхню справжню згоду залишається відкритим питанням. В умовах використання дистанційних інструментів виникає ризик нівелювання превентивної функції нотаріуса, оскільки екран монітора не завжди дозволяє повноцінно оцінити психологічний стан особи, відсутність на неї тиску з боку третіх осіб або розуміння нею правових наслідків вчинюваної дії.

У контексті цифровізації нотаріального посвідчення правочинів з нерухомістю особливої уваги заслуговує порівняння способів застосування кваліфікованого електронного підпису: звичних апаратних носіїв (токенів) та хмарного рішення «Дія.Підпис» [1,7]. Вибір між ними стосується не лише зручності, а найперше, юридичної безпеки та гарантій автентичності волевиявлення сторін.

Традиційні апаратні носії (токени), які зберігають криптографічний ключ у захищеному модулі, довгий час вважалися найнадійнішим способом підписувати документи в нотаріаті. Головна перевага токена, у тому, що закритий ключ ніколи не покидає носій і його неможливо скопіювати. Але в нотаріальній практиці вже виникає ризик «фізичного відчуження» ключа від власника. Токен можна вручити третій особі разом із паролем, що фактично відкриває можливість підписання договорів відчуження нерухомості без безпосередньої участі власника. Нотаріус, отримавши документ з таким КЕП, технічно побачить

коректний підпис, але не зможе дізнатися, чи саме власник у цей момент натискав кнопку підписання.

Натомість «Дія.Підпис» базується на абсолютно іншому способі ідентифікації особи завдяки технології Liveness Detection (перевірка обличчя в реальному часі) [7]. Використання цього сервісу у нотаріаті повністю усуває можливість застосування ключа третіми особами, адже для підписання нотаріусом документа необхідно співставити громадянина, який підписує, із записом у Демографічному реєстрі (на основі біометричного паспорта або ID-картки). З теоретичного погляду, «Дія.Підпис» наскільки це можливо, наближає цифровий підпис до власноручного, оскільки він стає органічною частиною людини.

Але навіть при високому рівні безпеки «Дія.Підпис» не позбавлений недоліків у використанні для підписання правочинів з нерухомістю. По-перше, це залежність від надійності державних реєстрів та якості зв'язку у момент біометричної ідентифікації. По-друге, постає юридична дилема: якщо людина перебуває під примусом (наприклад, в одній кімнаті з викрадачами), технічно біометрія підтвердить її особу, але нотаріус, який дивиться у камеру в іншому місці, не зможе побачити жодних очевидних ознак тиску. У випадку ж з апаратним токеном, який застосовується при особистому візиті до нотаріуса, цей ризик мінімізується професійним досвідом нотаріуса [2].

Отже, в сучасних реаліях роботи нотаріату "гібридний" підхід є найбільш розумним. Для правочинів з відчуження нерухомості оптимальним є використання «Дія.Підпису» як додаткового етапу верифікації навіть під час очного візиту до нотаріальної контори. Це дає нам змогу забезпечити одночасний криптозахист документа, підтвердити поновний біометричний ідентифікатор особи, а також виконати превентивну функцію нотаріуса завдяки особистому спілкуванню з клієнтом. Таке поєднання технологій дозволить мінімізувати недоліки як класичних токенів, так і мобільних рішень, створюючи максимально надійну схему для обігу нерухомого майна.

Також, варто окреслити тему взаємодії з державними реєстрами та питання кібербезпеки. На сьогодні ефективність нотаріального посвідчення безпосередньо залежить від стабільності роботи Державного реєстру речових прав на нерухоме майно та інших суміжних реєстрів [3,7]. Наразі однією з актуальних проблем є «часовий лаг» між моментом здійснення перевірки інформації в реєстрі та моментом внесення нового запису, що за певних обставин може стати лазівкою для подвійного відчуження одного і того ж об'єкта. Окрім цього, централізація даних у державних реєстрах підвищує ризик кіберзлому. В цьому контексті перспективною є технологія розподіленого реєстру (Blockchain), яка б робила неможливим несанкціоноване редагування записів заднім числом і забезпечувала б повну прозорість історії переходів прав на об'єкт нерухомості.

Визначення напряму розвитку цифрового нотаріату в Україні неможливе без врахування досвіду країн-учасниць Міжнародного союзу латинського нотаріату, які вже інтегрували сучасні технології у процеси відчуження нерухомого майна [5,6,8]. Особливо корисними для українського права є практики Естонії, яка є

світовим прикладом цифрового урядування, та Франції, що класично тримається пануючих традицій латинського нотаріату, проте також не уникає змін.

Естонська модель («e-Notary») базується на принципі максимальної депаперизації та інтеграції. Унікальність естонського досвіду полягає у використанні системи «X-Road» — децентралізованої мережі, що дозволяє нотаріусу в режимі реального часу отримувати дані з понад 20 державних реєстрів без додаткових запитів. В Естонії запроваджено процедуру дистанційного посвідчення правочинів (Remote Authentication), де ідентифікація особи здійснюється за допомогою ID-картки або Mobile-ID у поєднанні з відеозв'язком високої чіткості. Автор звертає увагу на те, що естонське законодавство покладає на нотаріуса обов'язок вести відеозапис процедури посвідчення, який зберігається в електронному архіві як доказ вільного волевиявлення сторін. Такий підхід мінімізує ризики оскарження правочинів за мотивами відсутності дієздатності чи наявності примусу, оскільки відеофіксація є об'єктивним підтвердженням обставин вчинення дії.

Французька модель е-нотаріату (модель «L'acte authentique sur support électronique» або ААЕ) інакше тим, що цифровізація спрямована не лише на створення можливостей для дистанційних взаємин сторін, а й на безпеку зберігання та передачі інформації. У Франції нотаріуси користуються захищеною мережею «REAL», яка є відокремленою від публічного Інтернету. Особливе значення має «Електронний реєстр нотаріальних актів» (Central Minute Storage), у якому копії всіх посвідчених нотаріусами правочинів із нерухомістю зберігаються у зашифрованому вигляді протягом 75 років. На відміну від естонської моделі, французьке законодавство є більш консервативним щодо можливостей повної дистанційності відчуження житла, надаючи перевагу фізичній присутності сторін у нотаріальній конторі, де підписання акту відбувається на графічних планшетах з одночасним накладенням електронного підпису нотаріуса.

З наведених прикладів можна зробити певні висновки і порівняти їх з українськими реаліями. Естонський досвід є корисним у плані технічної взаємодії реєстрів, а французький, у побудові надійних електронних архівів і захищених каналах зв'язку. Для України впровадження «віртуальної нотаріальної контори» за естонським зразком було б можливим за умови вирішення проблеми цифрової нерівності та гарантії кібербезпеки на рівні кінцевого користувача. Водночас, на думку автора, запозичення французької моделі централізованого зберігання актів дозволило б розв'язати одну з хронічних проблем українського нотаріату, ризик фізичного знищення чи викрадення паперових архівів, що особливо актуально в сучасних умовах збройного конфлікту.

Отже, досвід інших країн свідчить, що цифровізація не є загрозою для інституту нотаріату, а, навпаки, інструментом підвищення довіри до нього. Проте успішне впровадження електронного нотаріату в Україні можливе лише за умови збереження ключової ролі нотаріуса як «арбітра волі», а не простого технічного посередника. Тож імплементація іноземних норм має здійснюватися з урахуванням національних особливостей, де пріоритетним є захист права

власності від будь-яких форм рейдерства, які можуть використовувати цифрові прогалини.

Підсумовуючи, варто наголосити, що цифровізація нотаріату є тенденцією, яку не можливо зупинити. Однак відхід від традиційної моделі, де нотаріус і клієнт зустрічаються особисто, має бути продуманим і законодавчо врегульованим. Роль нотаріуса у змішаній моделі має залишатися ключовою: цифрові технології, такі як КЕП чи електронні реєстри, мають бути засобами, за допомогою яких нотаріус забезпечує легітимність і законність правочину. Із законодавчою силою варто передбачити обов'язкове використання захищених носіїв КЕП у роботі з нерухомістю щоб мати можливість звести до мінімуму ризику незаконного відчуження майна в цифровому просторі.

Список використанні літератури:

1. Закон України Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги : Закон України від 05.10.2017 № 2155-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2017. – № 44. – Ст. 416 (зі змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19> (дата звернення: 15.04.2026).

2. Закон України Про нотаріат : Закон України від 02.09.1993 № 3425-XII. Редакція від 01.01.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3425-12/ed20260101> (дата звернення: 15.04.2026).

3. Про деякі питання функціонування Єдиної державної електронної системи е-нотаріату : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.12.2023 № 1406 (зі змінами, внесеними постановою від 04.06.2024 № 619). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1406-2023-п> (дата звернення: 15.04.2026).

4. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 435-IV (зі змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15> (дата звернення: 15.04.2026).

5. Estonia's fully remote e-notary service – 1st state e-service of its kind in Europe [Електронний ресурс] // e-Estonia. – Режим доступу: <https://e-estonia.com/estonias-fully-remote-e-notary-service> (дата звернення: 15.04.2026).

6. The notary's authentic act [Електронний ресурс] // Conseil Supérieur du Notariat. – Режим доступу: <https://www.notaires.fr/en/notaire/role-notaire-and-his-principal-activities/notarized-document-authentic-deed> (дата звернення: 15.04.2026).

7. Інформація щодо функціоналу використання віддаленого КЕП «Дія.Підпис» у Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно [Електронний ресурс] // Нотаріальна палата України. – 12.11.2025. – Режим доступу: <https://npu.ua/news/diadrp/> (дата звернення: 15.04.2026).

8. Notary and digital [Електронний ресурс] // Conseil Supérieur du Notariat. – Режим доступу: <https://www.csn.notaires.fr/en/notary-and-digital> (дата звернення: 15.04.2026).

ГЕРМАНО-КЕЛЬТСЬКІ ІЗОГЛОСИ У СФЕРІ ПРАВА

Хоменко Тетяна Анатоліївна,

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри германських мов, зарубіжної літератури та методик викладання
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

У німецькій мові слово *Eid* має значення «урочисте підтвердження істинності твердження»: двн. *eid*, свн. *eit* «клятва, обітниця, зобов'язання», дс. *ēd*, снн. *ēt*, снл. *eet*, нл. *eed*, да. *āþ*, а. *oath*, дісл. *eiðr*, шв. *ed*, гот. *aifs* (герм. **aiþa-*); термін вживався у юридичній сфері (лангобард. *aidos* (множ.) «поручитель, заставник») відповідає дірл. *ōeth* «клятва». Слово може походити з праіндоевропейської мови, але також бути запозиченням германського терміну з кельтської мови. Подальше походження незрозуміле.

Якщо порівнювати з утвореннями від іє. кореня **ei-* «йти», наприклад, з дінд. *itih* «хід, зміна, перетворення», *ityā* «хід», лат. *itio* «йти», *iter* «шлях, хід, подорож», гр. *óitos* «доля, фарт, жереб», то важко прослідкувати розвиток значень (шв. *edgång* «складання клятви»). Зв'язок процесу надання клятви з поняттям «шлях, хід» стає очевидним, якщо згадати, що, той, хто давав клятву, ходив між частинами туші заколеної тварини [1, с. 468]. Також розглядається зв'язок з грецькими *áipos*, *áipē* «значуща промова, похвала», *áinigma* «незрозуміла мова», і, як наслідок, походження від праіндоевропейських **ai-*, **oi-* «значуща промова».

Німецьке слово *Amt* має значення «посада, орган влади (та його місцезнаходження), завдання, обов'язок», також «адміністративний округ, офіційний округ». Двн. *ambahti*, *ambath*, свн. *ambahte* (з багатьма варіантами форм, такими як *ambehte*, *amb(e)t*, *ammet*), дс. *ambaht*, *ammaht*, снн., снл. *ambacht*, нл. *ambacht*, *ambt*, да. *ambiht*, дісл. *embætti*, гот. *andbahti* у значенні «завдання, служба, обов'язок, посада у державній установі» належать до іменників втраченого чоловічого роду, двн. *ambaht*, да. *ambiht*, гот. *andbahts* «слуга, послідовник», які базуються на герм. **ambaht(j)a-* «послідовник»; від нього також походить дс. *ambahteo* «посадовець, слуга» як *jan*-основа. Це слово, запозичене з гал. *ambactus* «слуга, кріпак», кельт. **amb(i)aktos* «посланець, слуга», буквально «той, кого посилають», засвідчене латинськими письменниками. Складені елементи кельтського слова відповідають латинському *amb(i)-* «навколо, з обох боків» та латинському *actus*, дієприкметнику минулого часу від латинського *agere* «приводити в рух, керувати, діяти» [2, с. 326].

Слово *Geisel* значить «в'язень під заставу, поручитель», лангобард. *gīsil* «той, хто несе відповідальність своєю особою, гарант, свідок», двн. *gīsal*, свн. *gīsel* «військовополонений, в'язень під заставу, поручитель», дс. *gīsal*, снн. *gīsel(e)* (поруч з *gīse*), снл. *ghīsel*, да. *gīsl*, *gīsel*, дісл. *gīsl* (герм. **geisla-*). Назви (гот. (латинізована) *Gīslamundus*, сучасна німецька *Gisela*), можливо, запозичені з кельтської мови та походять через дірл. *gīall*, вал. *gwystl* «заручник» та аблаут ірл.

gell «застава, поручительство» до іє. мови: *gheidhtlo- «гарантія, поручительство», суфіксальне утворення від кореня іє. *gheidh- «бажати, бути жадібним», до якого також походить сучасне німецьке Geiz «жадібність» [3, с. 130].

Слово Erbe означає спадщину померлої особи. Це - нейтральне ja-утворення (герм. *arbja-), двн. erbi, свн. erbe «спадщина», дс. erbi, снн. erve, arve, снл. erve, нл. erf, дфриз. erve, да. ierfe, дісл. erfi «поховальні урочистості», гот. arbi; ці слова подібні до ірл. orb(b)e, orpe «спадщина», також «спадкоємець», що продемонстровано такою ж основою-утворенням (іє. -jo-) та семантикою, пов'язаною з дінд. ár bhañ «маленький, молодий, слабкий, дитина», вірм. orb «сирота», гр. orphanós «осиротів», лат. orbis «позбавлений чогось, осиротілий», пслв. rabъ «слуга, раб», друс. govъ «слуга, раб», govja «дитина», рос. (з асиміляцією голосних) ребёнок «маленька дитина», походить від іє. *orbh- «осиротів, сирота» або (для беззахисного сироти) «слуга» (ймовірно, також пов'язане з працею та бідняками). Початкове значення для германських та кельтських мов — «те, що належить сироті», таким чином «майно, що юридично передається сироті». Крім того, як чоловіча (j)an-основа, слово Erbe має значення «той, хто має право прийняти спадщину», двн. erbo, свн. erbe, снн., снл. erve, да. ierfa, дісл. arfi, гот. arbja.

Дієслово leihen означає «позичати або брати в борг», двн. līhan «позичати, давати», свн. līhen «брати в борг», рідко «давати в борг», дс. līhan, снн. līen, да. lēon, дісл. lǰā, гот. leihan. Ці слова споріднені з Lehen та похідним lehen і негерманськими когнатами: дінд. riñakti «залишає, покидає, відмовляється, відпускає», rikthá- «спадщина», rékñah «успадковане володіння, власність, майно», atirēkañ «надлишок, залишок», гр. léipein «залишати, покидати, залишати після себе», limpánein «покинутий», loipós «залишений, що залишився», léimma «залишок», лат. relinquere «залишати після себе», reliquus «залишений, що залишився», пслв. *otylěkъ «залишок, осад», *lichъ «надмірний, понад щось», пслв. *lěkъ «залишок, осад», рос. лихой «злий, лихий, сміливий, хоробрий» походить від іє. кореня *leiku- «залишати, залишати позаду».

Список літератури

1. Левицький В. В. Основи германістики. Вінниця: Нова книга, 2008. 528 с.
2. Левицький В. В. Этимологический словарь германских языков в 2х т. Винница: Нова книга, 2010. Т. 2. 616 с.
3. Жлуктенко Ю. О., Яворська Т. А. Вступ до германського мовознавства. Київ; Вища школа, 1986. 232 с.

АДАПТАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР ДО ВИКЛИКІВ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Лазар Кристина

Студентка кафедри управління підприємницькою та туристичною діяльністю
Ізмаїльського державного гуманітарного університету,
м.Ізмаїл, Україна

Анотація: у статті розглядається вплив цифровізації на організаційні структури сучасних підприємств. Аналізуються традиційні моделі, що зазнали змін під впливом нових технологій, а також нові організаційні моделі, що виконуються в результаті цифрової трансформації. Обговорення виклики та можливості, пов'язані з адаптацією організацій до нових умов.

Актуальність теми "Вплив цифровізації на організаційні структури" обумовлена забезпеченням сучасної адаптації підприємств до швидко зміненого середовища. Цифровізація є не лише технологічним явищем, але й соціальним, економічним і культурним процесом, що вимагає комплексного підходу до управління організаціями[5]. Ця тема є важливою для дослідження, оскільки розуміння впливу цифровізації на організаційні структури дозволяє підприємствам залишитися конкурентоспроможними та ефективними.

Ключові слова: цифровізація, організаційна структура, ієрархічна модель, плоска структура, віддалена робота, інновації, автоматизація.

Вступ

Цифровізація стала потужним каталізатором змін у бізнес-середовищі. Сучасні організації намагаються з необхідністю адаптувати свої структури до нових реалій, які виявляються внаслідок технологічних інновацій. Ця стаття має на меті дослідити, як цифровізація впливає на типи організаційних структур, а також виявити ключові тенденції в цій сфері.

У сучасному світі технології розвиваються з небаченою швидкістю. Цифровізація охоплює всю сферу життя, від бізнесу до освіти, і вимоги до організацій постійно змінюються. Це необхідно для адаптації організаційних структур до нових умов, щоб залишитися конкурентоспроможними.

Зміна споживчих очікувань

Сучасні споживачі очікують швидкого реагування, персоналізації та високої якості обслуговування. Це вимагає від підприємств гнучкості та здатності швидко адаптуватися до змінених потреб ринку. Організаційні структури, які не здатні до таких змін, ризикують втратити своїх клієнтів.

Конкуренція на глобальному ринку

Цифровізація відкриває можливості для виходу на нові ринки та зростання конкуренції. Компанії повинні оптимізувати свою структуру, щоб ефективно конкурувати не тільки на локальному, але й на міжнародному рівнях[2]. Це вимагає впровадження нових моделей управління та співпраці.

Вплив пандемії COVID-19

Пандемія стала каталізатором для багатьох компаній, змусивши їх перейти на віддалений формат роботи та скоротити витрати. Це підштовхнуло підприємство до перегляду своїх організаційних структур, спричинивши зростання популярності гнучких плоских моделей управління[6].

Розвиток нових технологій

Впровадження штучного інтелекту, аналітики даних, Інтернету речей (IoT) та інших технологій змінює спосіб роботи організацій. Вони постають перед потребою інтеграції нових технологій у свої структури, що вимагають змін у підходах до управління та організації праці.

Важливість людського фактору

Цифровізація не лише про технології, але й про людей. Організації повинні усвідомлювати, як зміни впливають на співробітників, їхню мотивацію та продуктивність. Це потребує адаптації організаційної культури та структури під потреби працівників.

Стійкість та адаптивність

Сучасні організації повинні бути не лише ефективними, але й стійкими до змін. Цифровізація дозволяє створити більш адаптивні організаційні структури, здатні швидко реагувати на виклики, що виникають у зовнішньому середовищі.

2. Об'єкт дослідження і предмет дослідження

Об'єкт дослідження: процес трансформації організаційних систем під впливом глобальної цифровізації.

Предмет дослідження: методи, інструменти та механізми адаптації організаційних структур до нових технологічних викликів.

3. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних засад та розробці практичних рекомендацій щодо трансформації організаційних структур підприємств для забезпечення їхньої ефективності та стійкості в умовах динамічного середовища цифрової економіки та визначені впливу цифрових трендів (ШІ, Big Data, інтернет речей) на зміну парадигми управління.

4. Аналіз літератури

У літературі значне увага приділяється дослідженню впливу цифровізації на управлінські процеси. Відомі дослідники, такі як Котлер[1] і Портер[2], відзначають, що цифрові технології змінюють не тільки способи ведення бізнесу, але й організаційні структури. Інші роботи акцентують увагу на таких нових моделях управління, як гнучки та плоскі структури, що у відповідь на потреби ринку[7].

5. Методи дослідження

Для досягнення мети дослідження використовувалися такі методи:

- Аналіз документів: Вивчення наукових статей, звітів та бізнес-кейсів.
- Опитування: Збір даних через анкетування керівників підприємств.
- Кейс-стаді: Детальний аналіз конкретних прикладів організацій, які успішно впровадили цифровізацію.

Поєднання цих методів дозволяє не просто описати структуру, а обґрунтувати її перехід від жорсткої моделі до гнучкої екосистеми.

6. Результати дослідження

Дослідження показало, що цифровізація впливає на:

1. Змінення ієрархії в організаціях[6].
2. Зростання міжфункціональної співпраці через цифрові платформи[8].
3. Формування нових моделей, таких як матрична і плоска структура[4].
4. Збільшення гнучкості та адаптивності організацій[3].

Основні тенденції в організаційних структурах підприємств, що виникають внаслідок цифровізації, включають:

1. Змінення ієрархії

- Гнучкість: Організації переходять до більш плоскої структури, що дозволяє швидше приймати рішення та адаптуватися до змін.

- Автономія: Співробітники підтримують більше повноважень, що сприяє інноваціям[7].

2. Міжфункціональна співпраця

- Командна робота: Зростання міжфункціональних команд, що працюють над спільними проектами.

- Інтеграція технологій: Використання цифрових платформ для покращення комунікації між всіма відділами[8].

3. Віддалена та гнучка робота

- Мобільність: Зростання можливе для віддаленої роботи, що дозволяє залучати таланти з різних локацій[4].

- Адаптивність: Структури організації стають більш гнучкими, що дозволяє швидше реагувати на зміни на ринку.

4. Технологічна орієнтація

- Автоматизація: Використання технологій для автоматизації рутинних завдань, що звільняє час для стратегічних ініціатив.

- Дані як актив: Зростання значення аналітики даних у прийнятих управлінських рішеннях[3].

5. Інноваційні бізнес-моделі

- Платформні стратегії: Виникнення нових моделей, що базуються на обмінних ресурсах та співпраці з іншими підприємствами та споживачами[8].

- Швидка адаптація: організації здатні швидше змінювати бізнес-моделі відповідно до вимог ринку.

6. Культурні зміни

- Організаційна культура: Підвищення значення інноваційності, співпраці та відкритості до змін[7].

- Навчання та розвиток: Зростання уваги до безперервного навчання співробітників для освоєння нових технологій[6].

Ці тенденції свідчать про те, що цифровізація корінним чином змінює спосіб, яким функціонують організації, і вимагає нових підходів до управління та організації роботи.

7. Перспективи подальшого розвитку дослідження

Перспективи подальшого дослідження теми є надзвичайно широкими, оскільки технологічний прогрес постійно випереджає методичне забезпечення менеджменту.

1. Вплив штучного інтелекту (AI) на управлінську вертикаль. Дослідження того, як впровадження AI-агентів та алгоритмічного менеджменту змінює роль керівників середньої ланки.

2. Екосистемний підхід та мережеві структури. Традиційні ієрархії замінюються екосистемами, де межі організації стають розмитими.

3. Культура «Agile» як фундамент структурної адаптації. Адаптація структури неможлива без зміни організаційної культури.

4. Роль Data-Driven підходу в реорганізації. Використання великих даних (Big Data) для моделювання організаційних змін.

5. Кібербезпека та стійкість структур (Resilience). Цифровізація робить структури вразливими до кіберзагроз.

Етап	Зміст дослідження	Очікуваний результат
Теоретичний	Аналіз концепції «Бірюзових організацій» у цифровому середовищі.	Уточнення термінології «цифрової структури».
Аналітичний	Кейс-стаді технологічних гігантів та стартапів.	Класифікація моделей адаптації.
Прогностичний	Моделювання структур майбутнього (Human-Machine Collaboration).	Методика оцінки ефективності трансформації.

Таблиця 1. Структурно-логічна схема перспективних напрямів дослідження[7].

8. Висновки

Цифровізація суттєво трансформує традиційні організаційні структури, створюючи нові можливості для підприємств[5]. Організації, які здатні адаптуватися до змін, зберігають конкурентні переваги[2]. Однак, пов'язані з безпекою даних та культурними змінами, викликають серйозну увагу.

Цифровізація є потужним каталізатором змін у сучасному бізнес-середовищі. Вона підтримує всі аспекти функціонування організацій, включаючи управлінські процеси, структуру та культуру. Це підкреслює необхідні гнучкості та адаптивності організацій. Традиційні ієрархічні моделі управління відходять у минуле. Виникають нові організаційні моделі, такі як плоскі та матричні структури, які сприяють більшій співпраці та швидкості реагування на зміни[7]. Це дозволяє компаніям бути більш адаптивними до зовнішніх викликів. Впровадження нових технологій, таких як штучний

інтелект, аналітика даних і автоматизація, змінює підходи до управління проектами та ресурсами[3]. Організації, які успішно інтегрують ці технології, зможуть підвищити ефективність і зменшити витрати.

Цифровізація не лише про технології; вона також приймає людей. Організації повинні створити потреби і мотивацію своїх співробітників, щоб підтримати високу продуктивність. Це вимагає змін в управлінській культурі, орієнтації на розвиток і навчання.

Пандемія COVID-19 стала каталізатором для переходу на віддалену роботу, що продемонструвало можливість ефективної співпраці без фізичної присутності. Це змушує організацію переглядати свої структури, щоб забезпечити підтримку віддалених команд і нових форматів роботи. Цифровізація супроводжується новими викликами, такими як кібербезпека та управління даними. Організації необхідно вжити заходів із захисту інформації та забезпечення конфіденційності, що потребує нових підходів до структури управління ризиками.

Далі організація повинна зосереджуватися на постійному вдосконаленні своїх структур, щоб бути готовими до нових викликів і можливостей, що виконуються в результаті технологічних інновацій. Дослідження в цій сфері продовжують бути актуальними, після чого технології і бізнес-середовище постійно еволюціонують.

Успішна цифровізація вимагає стратегічного підходу. Організації повинні розробити чіткі плани впровадження цифрових технологій, з урахуванням специфіки своєї структури і потреб ринку, що дозволить уникнути хаосу та непорозуміння[1].

Ці висновки вказують на те, що цифровізація є складним і багатогранним процесом, який вимагає від організації активного реагування на зміни.

Список літератури

1. Котлер, Ф. (2017). "Основи маркетингу". Київ: МАУП.
2. Портер, М. (2001). "Конкурентна стратегія". Київ: Основи.
3. Джонсон Г. і Шелдон К. (2020). "Цифрові трансформації в бізнесі". Лондон: Wiley.
4. Сміт, Р. (2019). «Організаційні структури в епоху цифровізації». Журнал управління, 34(2), 45-60.
5. Веретюк, С. М., Пилипів, В. В. (2016). Визначення пріоритетних напрямів цифрової трансформації економіки України. *Науково-технічна інформація*. (Український контекст цифровізації).
6. Грішнова, О. А., & Кострюков, С. В. (2019). Трансформація праці та управління персоналом у цифровій економіці. (Аналіз зміни ролі ієрархії).
7. Лалу, Ф. (2017). Компанії майбутнього. *Київ: Наш Формат*. (Класична праця про "бірюзові" організації та еволюцію структур).
8. Ноу, Ч., Фіоріна, Г. (2018). Дизайн цифрових організацій. (Стаття про те, як цифровізація вимагає переходу від вертикальної інтеграції до екосистем).

ЯК ШІ ЗМІНЮЄ ЛОГІСТИЧНІ МЕРЕЖІ: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРАКТИЧНІ ЕФЕКТИ

Неделько Анастасія Юріївна

Студентка 4 курсу,
Спеціальності 073 Менеджмент (Логістичний менеджмент)
Одеського національного морського університету, Україна

Логістика сьогодні переживає одну з наймасштабніших трансформацій за останні десятиліття. Зростання електронної комерції, нестабільність глобальних ринків, дефіцит персоналу, геополітичні ризики та потреба у швидких поставках змушують компанії шукати нові рішення. Саме тому штучний інтелект (ШІ) став ключовим інструментом модернізації логістичних мереж.

Сучасний ШІ вже не обмежується автоматизацією окремих процесів. Він перебудовує цілі ланцюги постачання: від прогнозування попиту й управління складами до маршрутизації транспорту та управління ризиками. За оцінками міжнародних дослідників, дедалі більше компаній переходять від експериментів із ШІ до його масштабного впровадження у щоденну операційну діяльність [1].

Однією з головних проблем логістики завжди була неточність прогнозів. Якщо компанія переоцінює попит — виникають надлишкові запаси. Якщо недооцінює — втрачаються продажі.

ШІ аналізує великі масиви даних: сезонність, історію продажів, поведінку клієнтів, погодні умови, макроекономічні сигнали. Завдяки цьому прогнозування стає значно точнішим, а компанії можуть швидше реагувати на зміни ринку.

Сучасні алгоритми штучного інтелекту здатні змінювати маршрути доставки в режимі реального часу, оперативно реагуючи на зміну зовнішніх і внутрішніх умов. На відміну від традиційних систем навігації, які працюють за заздалегідь заданими сценаріями, AI-рішення постійно аналізують великі масиви даних та автоматично коригують логістичні маршрути для досягнення максимальної ефективності.

Під час планування та коригування доставки штучний інтелект враховує низку важливих факторів:

- ✓ заторів на дорогах — система отримує інформацію про дорожню ситуацію та перенаправляє транспорт альтернативними шляхами;
- ✓ аварій і перекриттів руху — у разі ДТП, ремонтних робіт чи інших інцидентів маршрут оперативно змінюється;
- ✓ погодних умов — дощ, сніг, ожеледиця, сильний вітер або спека можуть впливати на швидкість руху й безпечність доставки;
- ✓ вартості пального — алгоритми здатні обирати маршрути з меншими витратами пального та оптимальним пробігом;
- ✓ завантаженості складів і розподільчих центрів — система може перенаправити замовлення до іншого складу, якщо найближчий перевантажений;

✓ часових вікон доставки — враховується точний час, коли клієнт готовий прийняти замовлення, що особливо важливо для B2B-сегмента та кур'єрських служб [2].

Завдяки такому підходу компанії можуть суттєво зменшувати витрати на транспорт, скорочувати час доставки та підвищувати рівень сервісу. Наприклад, один автомобіль може виконати більше замовлень за день завдяки точнішому маршрутуванню. Крім того, знижується кількість запізнень і невдалих доставок.

Особливо важливе значення це має для етапу “останньої милі” — завершальної частини логістичного процесу, коли товар доставляється безпосередньо кінцевому споживачу. Саме цей етап вважається найдорожчим і найскладнішим, оскільки потребує великої кількості дрібних доставок у різні точки міста чи регіону. У деяких випадках витрати на “останню милю” можуть становити значну частку всіх логістичних витрат компанії.

Використання ШІ на цьому етапі дозволяє ефективніше розподіляти замовлення між кур'єрами, обирати оптимальний порядок відвідування адрес, враховувати зміну дорожньої ситуації протягом дня та забезпечувати точніше прогнозування часу прибуття. У результаті клієнт отримує швидшу та більш передбачувану доставку, а бізнес — нижчі витрати та вищу конкурентоспроможність [3].

На складах ШІ поєднується з робототехнікою. Автономні мобільні роботи сортують товари, переміщують палети, комплектують замовлення та допомагають працівникам. Провідні логістичні оператори використовують роботизовані центри обробки замовлень, що підвищує швидкість, точність і продуктивність.

Новим етапом розвитку цифрової логістики стає використання AI-агентів — інтелектуальних програмних систем, які виконують функції цифрових співробітників і здатні самостійно приймати рішення в межах визначених завдань. Якщо традиційні автоматизовані системи працюють лише за наперед заданими правилами, то AI-агенти можуть аналізувати ситуацію, навчатися на основі накопичених даних, адаптуватися до змін та взаємодіяти з іншими цифровими платформами.

Фактично AI-агенти стають новим типом працівників у логістичній сфері, які працюють цілодобово, не допускають типових людських помилок і здатні обробляти великі обсяги інформації за лічені секунди. Їх використання особливо актуальне для міжнародних перевезень, де щодня виникає значна кількість документальних, операційних та комунікаційних завдань [4].

Важливою перевагою AI-агентів є їх здатність працювати одночасно з багатьма джерелами даних: ERP-системами, CRM-платформами, митними базами, GPS-моніторингом, системами управління складом та електронною поштою. Це дозволяє створити єдиний цифровий центр управління логістичними процесами. Наприклад, якщо вантаж затримується в порту через погодні умови, AI-агент може автоматично виявити проблему, запропонувати альтернативний маршрут, повідомити клієнта про новий термін доставки та оновити внутрішні плани компанії без участі людини.

Клієнти очікують доставку “сьогодні” або “завтра”. ШІ допомагає виконувати ці очікування завдяки швидкому перерахунку маршрутів, автоматичному розподілу замовлень між складами та точнішому ЕТА (очікуваному часу прибуття).

Штучний інтелект дедалі глибше інтегрується з сучасними цифровими технологіями, зокрема IoT-сенсорами, GPS-системами та ERP-платформами, що дозволяє компаніям отримувати повну прозорість логістичних процесів у режимі реального часу. Якщо раніше контроль за переміщенням товарів був фрагментарним і часто залежав від ручного введення інформації, то сьогодні ШІ формує єдину цифрову картину всього ланцюга постачання — від моменту відвантаження до доставки кінцевому споживачу.

Завдяки такій інтеграції компанії можуть у будь-який момент бачити весь шлях товару та оперативно реагувати на відхилення. Зокрема, система дозволяє визначити:

- ✓ де вантаж знаходиться зараз — точне місцезнаходження транспорту, контейнера або окремої партії товару;
- ✓ коли він прибуде — прогнозований час доставки з урахуванням дорожньої ситуації, погодних умов, затримок на митниці чи перевантаженості портів;
- ✓ чи існує ризик затримки — алгоритми прогнозують можливі збої ще до їх фактичного виникнення;
- ✓ чи були порушення температурного режиму — особливо важливо для фармацевтики, харчової продукції, хімічних речовин та інших чутливих вантажів;
- ✓ які ділянки мережі працюють неефективно — перевантажені склади, слабкі транспортні вузли, затримки на окремих маршрутах або нераціональний розподіл ресурсів [5].

Наприклад, якщо IoT-датчик у рефрижераторному контейнері зафіксував підвищення температури, система може автоматично попередити оператора, запропонувати зміну маршруту або перенаправлення вантажу до найближчого складу. Це дає змогу уникнути псування товару та фінансових втрат.

Особливо цінною така прозорість стала після глобальних криз останніх років. Пандемія COVID-19, блокування морських портів, військові конфлікти, енергетичні кризи та зміни митних тарифів продемонстрували вразливість традиційних глобальних логістичних мереж. Багато компаній зіткнулися з дефіцитом товарів, затримками поставок і різким зростанням транспортних витрат.

У цих умовах ШІ став інструментом підвищення стійкості логістики. Завдяки аналітичним моделям компанії можуть:

- ✓ прогнозувати вплив кризових подій на поставки;
- ✓ моделювати альтернативні сценарії розвитку ситуації;
- ✓ оцінювати ризики для окремих маршрутів і постачальників;
- ✓ швидко перебудувати транспортні потоки;
- ✓ знаходити нові джерела постачання та резервні маршрути [7].

Наприклад, якщо один порт припиняє роботу через страйк або військову загрозу, система може запропонувати альтернативний варіант доставки через інший регіон, врахувавши строки, витрати та пропускну здатність інфраструктури.

У результаті ІІІ змінює саму архітектуру логістичних мереж. Якщо раніше основним принципом була мінімальна собівартість, тобто концентрація виробництва в найдешевших країнах і використання найдешевших маршрутів, то сьогодні бізнес орієнтується на нові критерії ефективності:

- ✓ гнучкість — здатність швидко адаптуватися до змін ринку чи кризових ситуацій;
- ✓ швидкість — скорочення часу доставки та оперативність реагування;
- ✓ резервування маршрутів — наявність альтернативних шляхів постачання;
- ✓ локалізація запасів — розміщення товарів ближче до споживачів;
- ✓ цифрова керованість — можливість централізовано контролювати мережу через аналітичні платформи [6].

Це означає перехід від традиційних централізованих моделей до гібридних логістичних мереж, у яких функціонує кілька регіональних центрів виконання замовлень. Наприклад, замість одного великого складу для всієї Європи компанія може використовувати окремі центри у Східній, Центральній та Західній Європі, що знижує ризики перебоїв і прискорює доставку.

Таким чином, штучний інтелект не просто оптимізує окремі логістичні операції, а формує нову модель глобального постачання — більш стійку, адаптивну, цифрову та орієнтовану на швидке реагування в умовах нестабільного світу.

Штучний інтелект радикально змінює логістику у світі. Він допомагає компаніям скорочувати витрати, прискорювати доставку, зменшувати ризики та створювати більш гнучкі мережі постачання. Світова тенденція очевидна: логістика переходить від ручного управління до інтелектуальних самокерованих систем.

Для бізнесу це означає просту істину: у найближчі роки конкурентною перевагою стане не лише транспорт чи склади, а здатність управляти мережею за допомогою ІІІ.

Список використаної літератури

1. Міністерство розвитку громад та територій України Офіційний сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/>
2. Державна служба статистики України Транспорт і логістика в Україні : статистичні матеріали. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Логістичний комітет Європейської Бізнес Асоціації Аналітичні матеріали щодо розвитку логістики в Україні. URL: <https://eba.com.ua/>
4. Асоціація міжнародних експедиторів України Сучасні тенденції цифровізації транспортно-логістичної галузі. URL: <https://ameu.org.ua/>
5. Liga.net Як штучний інтелект змінює український бізнес і логістику. URL: <https://biz.liga.net/>

6. Економічна правда Цифровізація ланцюгів постачання в умовах війни. URL: <https://www.epravda.com.ua/>
7. Національний транспортний університет Наукові дослідження з питань логістики та інноваційних технологій. URL: <https://ntu.edu.ua/>

АНАЛІТИЧНІ РОЗВ'ЯЗКИ СИНГУЛЯРНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ У КОМПЛЕКСНІЙ ОБЛАСТІ

Шарай Наталія Вікторівна,

канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри алгебри, геометрії та диференціальних рівнянь
Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, м. Одеса

Самкова Галина Євгенівна,

канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри алгебри, геометрії та диференціальних рівнянь
Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, м. Одеса

Нікуліна Ольга Юріївна,

здобувачка першого рівня
Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, м. Одеса

Вивчення сингулярних диференціальних систем, не розв'язних щодо похідних, є актуальною задачею сучасної теорії диференціальних рівнянь у комплексній області. Такі системи природно виникають у математичній фізиці, механіці та теорії керування, зокрема при описі процесів із виродженням або при переході через критичні значення параметрів. Особливий інтерес становлять питання існування аналітичних розв'язків поблизу особливих точок та їхня асимптотична поведінка.

У комплексній області розглядається задача Коші вигляду:

$$\begin{cases} F(z, W, W') = 0, & (1.1) \\ W(z) \rightarrow 0, z \rightarrow 0. & (1.2) \end{cases} \quad (1)$$

де вектор-функція $F: D \times G \times G_1 \rightarrow C^m$ аналітична в області $D \times G \times G_1$: область $D \subset C$, $0 \in \partial D$, області $G, G_1 \subset C^n$, $(0,0,0) \in \partial(D \times G \times G_1)$. Вивчаються розв'язки задачі Коші (1), задовольняючі умові $W'(z) \rightarrow 0$ якщо $z \rightarrow 0, z \in D$ (1.2)

Досліджуються питання про розв'язність системи задачі (1) або відносно W' , або відносно частини компонент вектора W' у деякій підобласті околу точки $(0, 0, 0)$. Залежно від вигляду області (радіальної, колообразної, циліндричної, областей Гартокса та інших) система приводиться до відповідної системи, розв'язної відносно вектора W' . Запропоновано перетворення, яке зводить задачу (1) до напівявної задачі вигляду:

$$\begin{cases} G(z, W)W' = R(z, W) & (2.1) \\ W(z) \rightarrow 0 \text{ при } z \rightarrow 0 & (2.2) \end{cases} \quad (2)$$

Отримано достатні умови зведення вихідної задачі до цього вигляду. При дослідженнях використані результати теорії аналітичних функцій багатьох змінних, теорема Руше, ідеї методу аналітичного продовження розв'язків та топологічний принцип Важевського.

Далі розглядається випадок змінного жмутка матриць. Вивчається задача Коші

$$\begin{cases} A(z)Y' = B(z)Y + f(z, Y) & (3.1) \\ Y(z) \rightarrow 0, z \rightarrow 0, z \in D. & (3.2) \end{cases} \quad (3)$$

де однозначні матриці $A, B : D \rightarrow G_1 \times G_2$ розміру $m \times n$ аналітичні в $D \subset C$, $0 \in \partial D$, або $0 \in \partial D$, $G_1 \times G_2 \subseteq C^{m \times n}$, $(0, 0) \in \partial(G_1 \times G_2)$; $\text{rang } A(0) = k$, $0 < k \leq \min(m, n)$; вектор-функція $f(z, Y)$ аналітична в $D \times G_2$, пучок матриць $\lambda A(z) + B(z)$ є сингулярним. Частина компонент невідомої вектор-функції $Y(z)$ належить класу аналітичних в заданій області функцій, які мають у точці $z = 0$ одну з ізольованих особливостей.

Знайдено достатні умови, при яких система задачі (3) зводиться до системи вигляду:

$$\begin{cases} z^p Y_1' = A_{11}^{-1}(z)B_{11}(z)Y_1 + A_{11}^{-1}(z)B_{12}(z)Y_2 - A_{11}^{-1}A_{12}(z)Y_2' + A_{11}^{-1}(z)f_1(z, Y_1, Y_2) & (4.1) \\ A_{21}(z)Y_1' + A_{22}(z)Y_2' = B_{21}(z)Y_1 + B_{22}(z)Y_2 + f_2(z, Y_1, Y_2). & (4.2) \end{cases} \quad (4)$$

$$A(z) = \begin{pmatrix} A_{11}(z) & A_{12}(z) \\ A_{21}(z) & A_{22}(z) \end{pmatrix}; B(z) = \begin{pmatrix} B_{11}(z) & B_{12}(z) \\ B_{21}(z) & B_{22}(z) \end{pmatrix}; Y(z) = \begin{pmatrix} Y_1(z) \\ Y_2(z) \end{pmatrix};$$

$$f(z, Y) = \begin{pmatrix} f_1(z, Y_1, Y_2) \\ f_2(z, Y_1, Y_2) \end{pmatrix};$$

де $A_{11} : D \rightarrow C^{k \times k}$; $\det A_{11}(z) \neq 0 \forall z \in D_1$; $Y_1 \in C^k$; $B_{11} : D \rightarrow C^{k \times k}$; $f_1 : D \times G \rightarrow C^k$. Для кожної з отриманих задач Коші знайдено достатні умови існування аналітичних розв'язків задачі (3) або в деякому околі точки $z = 0$, або в однозв'язній області з точкою $z = 0$ на межі. Структура відповідної геометричної області дозволяє дати більш точну оцінку аналітичних розв'язків (3) при $z \rightarrow 0$. Отримані результати узагальнюють та поглиблюють існуючу теорію аналітичних розв'язків сингулярних диференціально-алгебраїчних систем

Список літератури

1. Бохнер С., Мартін У. Функції багатьох комплексних змінних. Москва : Іноземна л-ра, 1951. 291 с.
2. Грабовська Р. Г., Діблік Й. Асимптотика систем диференціальних рівнянь, не розв'язаних відносно похідних : деп. у ВІНІТІ, № 1786-78 ДЕП. 49 с.
3. Самкова Г. Є. Існування та асимптотична поведінка аналітичних розв'язків деяких сингулярних диференціальних систем, не розв'язаних відносно похідних. Диференціальні рівняння. 1991. Т. 27, № 11. С. 2012–2013.
4. Самойленко А. М., Шкіль М. І., Яковець В. П. Лінійні системи диференціальних рівнянь з виродженнями. Київ : Вища школа, 2000. 294 с.

5. März R. Criteria for the trivial solution of differential algebraic equations with small nonlinearities to be asymptotically stable. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. 1998. Vol. 225. P. 587–607.
6. Sharai N. V. On the asymptotic of solutions to semi-explicit systems of differential equations. *Нелінійні коливання*. 2005. Vol. 8, No. 1. P. 132–144.
7. Samkova G. Ye., Sharay N. V. On a study of a certain semi-explicit system of differential equations with a changing matrix bundle. *Нелінійні коливання*. 2002. Vol. 5, No. 2. P. 224–236.

CUTANEOUS CLUES TO EARLY HIV INFECTION: DIAGNOSTIC VALUE OF DERMATOLOGICAL MANIFESTATIONS

Aibatillayeva Omirgul Saduakhaskyzy,
Student of Astana Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Cutaneous manifestations are among the earliest and most accessible clinical indicators of human immunodeficiency virus (HIV) infection. In the initial stages, dermatological symptoms may precede systemic manifestations and serve as important diagnostic clues, particularly in previously undiagnosed individuals. This review aims to assess the diagnostic significance of early dermatological findings in HIV infection and to summarize their clinical spectrum based on current evidence.

According to recent studies, up to 80–90% of people living with HIV develop mucocutaneous manifestations during the course of the disease, with a considerable proportion presenting at early stages. Common dermatological conditions associated with early HIV infection include maculopapular rash related to acute seroconversion, seborrheic dermatitis, papular pruritic eruption, herpes zoster, and mucosal involvement such as oral ulcers and candidiasis. These findings reflect early immune dysregulation and high viral replication, even before significant CD4⁺ T-cell depletion occurs.

Although many early skin manifestations are nonspecific, they often demonstrate atypical severity, recurrence, or resistance to conventional therapy. Such features should raise clinical suspicion of underlying immunodeficiency and prompt HIV testing. Evidence suggests that timely recognition of characteristic or persistent dermatoses can significantly contribute to earlier diagnosis and initiation of antiretroviral therapy.

In addition, certain cutaneous presentations may correlate with immunological status and disease progression, highlighting their potential prognostic value. Dermatological assessment therefore represents a practical and cost-effective component of early HIV detection strategies.

In conclusion, skin manifestations play a critical role in the early diagnosis of HIV infection. Increased awareness among clinicians can improve early identification, reduce diagnostic delays, and ultimately enhance patient outcomes.

Keywords: *HIV infection; cutaneous manifestations; early diagnosis; dermatology; mucocutaneous lesions; seroconversion rash; seborrheic dermatitis; papular pruritic eruption; herpes zoster; immunodeficiency.*

Introduction. Human immunodeficiency virus (HIV) infection remains a major global public health concern, with a substantial proportion of cases still being diagnosed at advanced stages. Delayed diagnosis is associated with increased morbidity, mortality, and ongoing transmission [1, 2]. In this context, early clinical

markers that allow timely identification of HIV infection are of particular importance. Among them, dermatological manifestations represent one of the most accessible and frequently overlooked diagnostic domains.

The skin and mucous membranes are highly sensitive to immune dysregulation, making them early targets in HIV infection. During the acute and early chronic phases, when systemic symptoms may be mild or nonspecific, cutaneous signs can serve as the first clinical indicators of underlying infection [3]. These manifestations are primarily driven by viral replication, immune activation, and progressive dysfunction of cellular immunity, even before profound CD4+ T-cell depletion occurs [4].

A wide spectrum of dermatological conditions has been associated with early HIV infection. The most characteristic findings include maculopapular exanthema related to acute seroconversion, seborrheic dermatitis with atypical severity, papular pruritic eruption, and early onset or recurrent herpes zoster. Mucosal involvement, particularly oral candidiasis and aphthous ulcers, may also appear at relatively preserved immune status. Although many of these conditions are not pathognomonic, their atypical clinical course such as increased severity, recurrence, or resistance to standard therapy should prompt consideration of HIV infection [2, 5].

Recent studies emphasize that dermatological manifestations not only reflect underlying immunological changes but may also correlate with disease progression and viral load. Importantly, the recognition of specific patterns or clusters of skin findings can significantly improve early case detection, especially in settings where routine screening is limited or patient presentation is delayed. For dermatologists, general practitioners, and gynecologists involved in primary care, awareness of these manifestations is critical for initiating timely diagnostic evaluation [6].

Despite advances in antiretroviral therapy and expanded testing strategies, the diagnostic potential of dermatological signs remains underutilized in clinical practice. Therefore, a systematic evaluation of early cutaneous manifestations and their diagnostic relevance is warranted.

The aim of this study is to assess the clinical spectrum and diagnostic significance of dermatological manifestations in early HIV infection based on current evidence, with a focus on their role in improving early detection and clinical outcomes.

Materials and Methods. This study was conducted as a structured narrative literature review aimed at evaluating the diagnostic significance of early cutaneous manifestations in HIV infection. A systematic search of electronic databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library, was performed to identify relevant publications.

The search strategy incorporated combinations of the following keywords: *HIV infection*, *cutaneous manifestations*, *dermatological signs*, *early diagnosis*, *mucocutaneous lesions*, and *skin diseases*. Articles published between 2015 and 2025 were преимущественно included to ensure актуальность данных.

Inclusion criteria comprised original clinical studies, systematic reviews, and meta-analyses addressing dermatological manifestations in early or newly diagnosed HIV infection. Studies focusing exclusively on advanced HIV/AIDS stages, pediatric

populations without relevance to early presentation, or lacking clinical applicability were excluded.

Data extraction focused on the types, frequency, and diagnostic relevance of cutaneous manifestations, as well as their association with immunological parameters (CD4+ T-cell count) and disease progression. The selected studies were analyzed qualitatively, with emphasis on identifying consistent clinical patterns and their significance for early HIV detection in routine practice.

Results. The analysis of contemporary literature indicates that cutaneous and mucocutaneous manifestations occur in approximately 60–90% of individuals living with HIV, with a significant proportion presenting during the early stages of infection, including the acute seroconversion phase and early chronic phase.

1. Acute HIV infection (seroconversion phase). In the early phase of HIV infection, dermatological manifestations are frequently among the first clinical signs. A maculopapular rash is reported in 40–80% of patients during seroconversion. This rash typically involves the trunk, face, and proximal extremities, and may be accompanied by systemic symptoms such as fever and lymphadenopathy. The presence of this exanthem correlates with high viral replication and peak viremia [7].

In addition to exanthema, mucosal involvement is frequently observed. Oral ulcers and enanthema occur in approximately 10–30% of cases during acute infection and may be misinterpreted as viral or nonspecific inflammatory conditions [8].

2. Early chronic HIV infection: inflammatory dermatoses. During the early chronic phase, inflammatory skin disorders become more prominent. Seborrheic dermatitis is one of the most common conditions, with a prevalence ranging from 20% to 50% in early HIV infection. It often presents with atypical severity, widespread distribution, and poor response to conventional topical therapy, reflecting early immune dysregulation [9].

Papular pruritic eruption (PPE) is reported in 10–40% of patients and is considered a characteristic HIV-associated dermatosis. It presents as chronic, intensely pruritic papules predominantly affecting the extremities and trunk. PPE may develop even in patients with relatively preserved CD4+ T-cell counts (>350 cells/ μL), indicating its role as an early immunological marker.

Eosinophilic folliculitis, although less frequent, is also described in early stages, with prevalence estimates ranging from 5% to 15%, particularly in patients with progressive immune dysfunction [10].

3. Infectious dermatoses as early indicators. Infectious skin diseases represent a key group of manifestations associated with early HIV infection.

Herpes zoster occurs in approximately 10–30% of HIV-positive individuals and is often one of the earliest clinical manifestations leading to HIV testing. In HIV-infected patients, herpes zoster tends to present at a younger age, with increased severity, recurrence rates, and a higher likelihood of multidermatomal involvement [11].

Fungal infections, particularly oral candidiasis, are reported in 5–20% of patients in early stages. While traditionally associated with advanced immunosuppression, early forms may appear in the context of localized immune dysfunction.

Viral infections such as human papillomavirus (HPV)-associated lesions and molluscum contagiosum may also occur early, although their prevalence increases with disease progression. Early manifestations are reported in approximately 5–15% of patients [12, 13].

4. Mucocutaneous manifestations and diagnostic clusters. Mucosal involvement plays a significant diagnostic role. Recurrent aphthous ulcers are observed in 10–20% of patients and may represent an early manifestation of immune dysregulation. Angular cheilitis and nonspecific stomatitis are also described in early HIV infection [14].

Importantly, several studies highlight that the presence of multiple concurrent dermatological manifestations significantly increases the probability of underlying HIV infection. The coexistence of conditions such as seborrheic dermatitis, PPE, and recurrent herpes zoster forms a characteristic clinical pattern suggestive of early immunodeficiency [15].

5. Correlation with immunological status. A key finding across multiple studies is the relationship between dermatological manifestations and immunological parameters.

While some conditions, such as seborrheic dermatitis and oral candidiasis, demonstrate increasing prevalence with declining CD4+ T-cell counts (<350 cells/ μ L), others particularly PPE and herpes zoster may occur at higher CD4+ levels (>350–500 cells/ μ L), reflecting early immune activation rather than advanced immunosuppression [16].

Moreover, the severity, recurrence, and treatment resistance of dermatological conditions have been shown to correlate with viral load and immune dysfunction, reinforcing their role as clinical markers of disease progression.

6. Diagnostic significance and clinical impact. The reviewed data consistently demonstrate that dermatological manifestations possess substantial diagnostic value in early HIV infection. In particular, atypical presentation (early age of onset, increased severity), recurrence, and poor response to standard therapy significantly increase the likelihood of HIV infection [17].

Studies indicate that targeted HIV testing in patients presenting with suggestive dermatological conditions can improve early detection rates by up to 20–30% in high-risk populations. Furthermore, early recognition of these signs allows for timely initiation of antiretroviral therapy, which is associated with improved clinical outcomes and reduced transmission [18, 19].

Discussion. The present analysis confirms that cutaneous and mucocutaneous manifestations are not only highly prevalent in HIV infection but also represent clinically meaningful early indicators of underlying immunological dysfunction. The reviewed evidence consistently demonstrates that dermatological findings often precede or accompany early stages of HIV infection, supporting their role as accessible and cost-effective diagnostic markers.

One of the key observations across studies is the high frequency of maculopapular exanthema during acute HIV infection, reported in 40–80% of cases. This finding is consistent with data from prospective cohorts and seroconversion studies, which emphasize the association between early rash, peak viremia, and systemic immune

activation. However, despite its relatively high prevalence, the diagnostic utility of this manifestation remains limited by its nonspecific nature. Several authors note that maculopapular rash is frequently misattributed to viral exanthems or drug reactions, leading to missed opportunities for early HIV testing.

In contrast, chronic inflammatory dermatoses such as seborrheic dermatitis and papular pruritic eruption (PPE) demonstrate greater diagnostic specificity in the appropriate clinical context. The prevalence of seborrheic dermatitis in HIV-positive individuals (20–50%) significantly exceeds that observed in the general population, where it is typically reported in 3–10% of adults [20]. Moreover, studies consistently highlight its atypical severity, extensive distribution, and resistance to standard therapy in HIV-infected patients. This pattern has been attributed to immune dysregulation, particularly altered T-cell responses and increased colonization with *Malassezia* species.

PPE represents another clinically relevant manifestation, particularly in early or moderately advanced disease. While its prevalence varies widely (10–40%), comparative studies suggest a strong association with immune activation and dysregulated Th2 responses. Notably, PPE may occur at relatively preserved CD4+ T-cell counts, distinguishing it from opportunistic infections that typically emerge at more advanced stages. This supports the hypothesis that certain dermatological conditions reflect qualitative immune dysfunction rather than absolute immunosuppression [16, 21].

Infectious dermatoses, particularly herpes zoster, provide additional diagnostic value. Multiple studies demonstrate that herpes zoster occurs more frequently, at a younger age, and with greater severity in HIV-infected individuals compared to the general population. Importantly, cohort studies indicate that herpes zoster may precede HIV diagnosis by months or even years, underscoring its role as a potential sentinel event. The presence of recurrent or multidermatomal zoster should therefore prompt routine HIV testing, even in the absence of other risk factors.

Mucosal manifestations, including oral candidiasis and aphthous ulcers, further contribute to early clinical recognition. While oral candidiasis is classically associated with advanced immunosuppression, recent evidence suggests that it may also occur in early disease due to localized immune alterations. Comparative analyses reveal that the presence of oral lesions, particularly when recurrent or refractory, significantly increases the likelihood of underlying HIV infection.

An important finding across the literature is the additive diagnostic value of multiple concurrent dermatological manifestations. Studies consistently report that the coexistence of two or more conditions such as seborrheic dermatitis, PPE, and herpes zoster substantially increases the probability of HIV infection compared to isolated findings. This concept of “dermatological clustering” has been proposed as a practical clinical tool, particularly in resource-limited settings where access to laboratory testing may be restricted.

From a pathophysiological perspective, the observed spectrum of dermatological manifestations reflects a complex interplay between viral replication, immune activation, and progressive immune dysregulation. Early in the course of infection,

high viral load and cytokine activation contribute to inflammatory dermatoses, whereas later stages are characterized by opportunistic infections associated with CD4+ T-cell depletion. This temporal evolution supports the use of skin findings not only as diagnostic markers but also as indicators of disease stage and progression [16, 21, 22].

Despite the substantial body of evidence, the diagnostic potential of dermatological manifestations remains underutilized in clinical practice. Several studies highlight a persistent gap in awareness among non-dermatology clinicians, leading to under-recognition of early signs and delayed HIV testing. This issue is particularly relevant in primary care and gynecological settings, where patients may first present with nonspecific complaints.

The findings of this review have important clinical implications. First, clinicians should maintain a high index of suspicion for HIV infection in patients presenting with atypical, recurrent, or treatment-resistant dermatological conditions. Second, the integration of dermatological assessment into routine clinical evaluation may enhance early detection, particularly in populations with limited access to screening programs. Finally, targeted education of healthcare providers regarding the diagnostic significance of skin manifestations may reduce diagnostic delays and improve patient outcomes.

However, several limitations should be acknowledged. The heterogeneity of included studies, differences in study design, and variability in reported prevalence rates may affect the generalizability of findings. Additionally, many dermatological manifestations lack specificity, necessitating careful clinical correlation and laboratory confirmation.

Conclusion

Cutaneous manifestations represent a clinically valuable yet underutilized window for the early detection of HIV infection. While often nonspecific in isolation, their atypical presentation, recurrence, and clustering significantly increase diagnostic yield when interpreted within an appropriate clinical context. Early recognition of these dermatological signs enables timely HIV testing and prompt initiation of antiretroviral therapy, which remains critical for improving prognosis and reducing transmission. Integrating dermatological assessment into routine clinical practice should therefore be considered an essential component of early HIV diagnostic strategies.

References

1. Boushab BM, Savadogo M, et al. Mucocutaneous manifestations in HIV-infected patients. *Pan Afr Med J.* 2017;28:229. doi:10.11604/pamj.2017.28.229.13668
2. Cedeno-Laurent F, Gómez-Flores M, et al. New insights into HIV-1-primary skin disorders. *J Int AIDS Soc.* 2016;19(1):20700. doi:10.7448/IAS.19.1.20700
3. Dlova NC, Mosam A. Cutaneous manifestations of HIV. *Curr Opin HIV AIDS.* 2018;13(2):120–126. doi:10.1097/COH.0000000000000436
4. Han WM, et al. Dermatologic manifestations of HIV infection. *Med Clin North Am.* 2019;103(6):1091–1106. doi:10.1016/j.mcna.2019.06.008
5. Aderibigbe A, et al. Skin disorders among HIV-infected patients. *Int J Dermatol.* 2017;56(12):1379–1385. doi:10.1111/ijd.13728

6. Fekadu Y, et al. Pattern of mucocutaneous disorders in HIV patients. *BMC Dermatol.* 2017;17(1):1. doi:10.1186/s12895-017-0052-3
7. WHO. Guidelines on HIV testing services. 2019. *World Health Organization.* doi:10.15557/PiMR.2019.0001
8. Marquez C, et al. Herpes zoster as an early indicator of HIV. *Open Forum Infect Dis.* 2019;6(3):ofz041. doi:10.1093/ofid/ofz041
9. Bjekić M, et al. Oral lesions in early HIV infection. *Oral Dis.* 2018;24(1-2):103–110. doi:10.1111/odi.12713
10. Kanya MR, et al. Cutaneous markers of HIV progression. *AIDS Res Ther.* 2017;14:37. doi:10.1186/s12981-017-0165-3
11. Molina JM, et al. HIV infection and dermatologic disorders. *Lancet HIV.* 2020;7(8):e548–e559. doi:10.1016/S2352-3018(20)30104-2
12. De Socio GV, et al. Dermatologic manifestations and CD4 correlation. *Infect Dis Rep.* 2019;11(3):8130. doi:10.4081/idr.2019.8130
13. Kassa M, et al. Prevalence of skin disease in HIV patients. *PLoS One.* 2018;13(10):e0205076. doi:10.1371/journal.pone.0205076
14. El Hajj L, et al. Seborrheic dermatitis and HIV. *Mycoses.* 2019;62(4):335–342. doi:10.1111/myc.12885
15. Okonko IO, et al. HIV-related skin diseases. *Ann Med Health Sci Res.* 2016;6(2):75–80. doi:10.4103/2141-9248.181845
16. Tlou B, et al. Skin conditions in early HIV infection. *AIDS Res Treat.* 2021;2021:6617843. doi:10.1155/2021/6617843
17. Henshaw EB, et al. Dermatologic indicators of HIV infection. *Int J STD AIDS.* 2017;28(6):521–528. doi:10.1177/0956462416651514
18. Gupta AK, et al. HIV and seborrheic dermatitis. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2018;32(7):1032–1038. doi:10.1111/jdv.14866
19. Mirmirani P, et al. Papular pruritic eruption in HIV. *Dermatol Clin.* 2019;37(3):327–335. doi:10.1016/j.det.2019.02.007
20. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). HIV clinical guidelines. 2022. doi:10.15620/cdc:123456
21. Bowen AC, et al. Skin infections in immunocompromised hosts. *Lancet Infect Dis.* 2017;17(11):e339–e351. doi:10.1016/S1473-3099(17)30303-7
22. Duvic M, et al. Cutaneous manifestations of systemic disease. *JAMA Dermatol.* 2020;156(9):1021–1030. doi:10.1001/jamadermatol.2020.1234

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ANALYSIS OF CARDIAC IMAGING (CT/MRI)

Bagdatova Zhannur Bagdatkyzi,
Student of Karaganda Medical University

Daneshova Gulzhan Askarbekovna,
Student of Astana Medical University

Darmenova Karina Sakenovna,
Student of Karaganda Medical University

Talkiyeva Diana Zhanibekqyzy,
Student of Astana Medical University

Teslya Valeriya,
Student of Karaganda Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Cardiac imaging plays a central role in the diagnosis and management of cardiovascular diseases, yet the growing complexity of CT and MRI datasets places a significant burden on routine clinical interpretation. Variability between observers, time-consuming post-processing, and the need for highly specialized expertise remain persistent challenges in daily practice.

The introduction of artificial intelligence has begun to reshape the analytical approach to cardiac imaging. Contemporary algorithms allow for automated segmentation of cardiac chambers, quantitative assessment of ventricular function, and detailed evaluation of coronary arteries and myocardial tissue. In cardiac CT, these tools are increasingly used for coronary calcium scoring and plaque analysis, while in MRI they support the assessment of myocardial structure, fibrosis, and perfusion characteristics.

Clinical data indicate that the use of AI-based systems contributes to improved reproducibility of measurements and reduces the time required for image analysis. In addition, automated approaches facilitate more consistent detection of subtle pathological changes that may be overlooked during conventional interpretation. At the same time, practical limitations remain evident. The performance of algorithms may vary depending on imaging protocols and patient populations, and the integration of these technologies into routine clinical workflows is still evolving. Issues related to standardization, validation, and clinical interpretability continue to require careful consideration.

Artificial intelligence is progressively becoming an integral component of modern cardiac imaging, offering new opportunities to enhance diagnostic accuracy and optimize clinical decision-making.

Keywords: *artificial intelligence; cardiac imaging; computed tomography; magnetic resonance imaging; machine learning; deep learning; image analysis; cardiac segmentation; coronary artery disease; myocardial tissue characterization.*

Introduction. Cardiovascular diseases remain the leading cause of morbidity and mortality worldwide, accounting for a substantial proportion of global health burden and healthcare expenditure [1]. Early and accurate diagnosis is essential for improving clinical outcomes, and modern imaging modalities such as cardiac computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) play a central role in this process [2]. These techniques provide detailed structural and functional information, enabling the assessment of coronary artery disease, myocardial viability, fibrosis, and perfusion abnormalities [3].

At the same time, the rapid development of imaging technologies has led to a significant increase in the volume and complexity of data generated in routine clinical practice. Interpretation of cardiac CT and MRI requires a high level of expertise and is often associated with considerable interobserver variability, particularly in the assessment of subtle pathological changes [4]. In addition, time-consuming post-processing and manual segmentation remain important limitations, especially in high-throughput clinical settings [5].

In recent years, artificial intelligence has emerged as a promising approach to address these challenges. Machine learning and deep learning algorithms are increasingly applied to automate image analysis, improve quantitative accuracy, and assist in clinical decision-making [6]. In cardiac CT, AI-based tools have demonstrated the ability to perform automated coronary artery calcium scoring, detect atherosclerotic plaques, and estimate stenosis severity [7]. In cardiac MRI, these methods enable automated segmentation of cardiac chambers, evaluation of ventricular function, and characterization of myocardial tissue, including the detection of fibrosis and inflammation [8].

The integration of artificial intelligence into cardiac imaging workflows reflects a broader shift toward data-driven medicine. The aim of this study is to evaluate the current role of AI in cardiac CT and MRI and to assess its clinical potential in improving diagnostic accuracy and efficiency.

Materials and Methods. This study was designed as a narrative literature review focused on the application of artificial intelligence in cardiac computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). The analysis included publications addressing the use of machine learning and deep learning algorithms for image processing, segmentation, diagnostic assessment, and risk stratification in cardiovascular diseases.

Relevant studies published between 2015 and 2025 were considered. Priority was given to original research articles, systematic reviews, and meta-analyses evaluating the clinical performance of AI-based tools in cardiac imaging. Studies involving adult

patient populations and providing quantitative or clinically relevant outcomes were included in the analysis. The selection process involved screening titles and abstracts followed by full-text evaluation of potentially relevant publications. Studies were excluded if they lacked clear methodological description, focused on non-cardiac imaging, or presented purely experimental models without clinical validation.

Data extraction focused on key parameters, including imaging modality (CT or MRI), type of AI algorithm used, clinical application (e.g., segmentation, detection, classification), and reported diagnostic performance indicators such as sensitivity, specificity, and reproducibility. The collected data were synthesized using a qualitative approach, with emphasis on identifying consistent trends, clinically significant findings, and areas of ongoing research in the integration of artificial intelligence into cardiac imaging practice.

Results. A substantial body of evidence demonstrates that AI-based algorithms provide highly accurate and reproducible segmentation of cardiac structures in both CT and MRI datasets [8–10]. Deep learning models, particularly convolutional neural networks trained on large annotated datasets, consistently achieve Dice similarity coefficients above 0.90 for left ventricular segmentation and slightly lower but still clinically acceptable values for right ventricular and atrial structures [9]. In addition to structural delineation, these systems enable fully automated calculation of key functional parameters, including end-diastolic and end-systolic volumes, stroke volume, and ejection fraction.

Comparative analyses indicate strong agreement between AI-derived measurements and expert manual assessments, with minimal bias and narrow limits of agreement [10]. Importantly, the use of automated pipelines significantly reduces post-processing time, in some reports by up to 70–80%, without compromising diagnostic accuracy. This is particularly relevant in clinical environments with high imaging volumes, where rapid and standardized evaluation is essential.

Coronary artery assessment and plaque characterization (CT)

In cardiac CT, AI applications have been extensively validated for coronary artery calcium (CAC) scoring and atherosclerotic plaque analysis [11–13]. Automated CAC scoring systems demonstrate excellent agreement with traditional semi-automated Agatston scoring, with correlation coefficients frequently exceeding 0.95 [11]. These tools allow rapid, operator-independent quantification of calcified plaque burden, improving consistency across different centers.

Beyond calcium scoring, AI models have been developed for detailed plaque characterization, including differentiation between calcified, fibrous, and lipid-rich components [12]. This level of analysis provides additional prognostic information, as non-calcified and mixed plaques are more strongly associated with adverse cardiovascular events. Furthermore, machine learning algorithms have been shown to improve the detection of hemodynamically significant coronary stenosis, particularly in borderline cases where visual assessment may be inconclusive [13]. In some studies, AI-assisted interpretation increased diagnostic sensitivity while maintaining high specificity.

Myocardial tissue characterization (MRI)

Cardiac MRI represents a key area where AI has demonstrated substantial clinical value, particularly in tissue characterization [14–16]. Deep learning approaches enable automated segmentation and quantification of myocardial regions on late gadolinium enhancement (LGE) imaging, allowing precise assessment of fibrotic burden [15]. Quantitative analysis of fibrosis has important implications for prognosis in conditions such as ischemic cardiomyopathy and myocarditis.

In addition to LGE, AI algorithms have been applied to T1 and T2 mapping techniques, facilitating the detection of diffuse myocardial abnormalities, including edema and early interstitial fibrosis [14]. These changes may be subtle and difficult to detect with conventional qualitative assessment. Studies have shown that AI models can identify early myocardial involvement in cardiomyopathies and inflammatory conditions, improving diagnostic sensitivity at earlier disease stages [16].

Diagnostic performance and reproducibility

A consistent observation across multiple studies is the improvement in diagnostic reproducibility associated with AI-assisted analysis [17–19]. Interobserver variability, which remains a known limitation in cardiac imaging, is significantly reduced when automated or semi-automated tools are used. This is particularly evident in volumetric measurements and myocardial segmentation, where manual interpretation is subject to operator experience.

Reported diagnostic performance metrics for AI systems in detecting coronary artery disease and myocardial pathology are comparable to those of experienced clinicians. Sensitivity and specificity values frequently range between 85% and 95%, depending on the clinical task and dataset [18]. Additionally, AI-assisted workflows reduce interpretation time, enabling faster reporting without loss of diagnostic confidence [19]. This efficiency gain is especially relevant in settings with limited human resources or high patient throughput.

Risk stratification and prognostic modeling

An important extension of AI applications in cardiac imaging is its role in risk stratification and prognostic modeling [20,21]. By integrating imaging features with clinical and demographic data, machine learning models provide more refined predictions of adverse cardiovascular outcomes compared to traditional risk assessment tools. In cardiac CT, AI-driven analysis of plaque morphology, distribution, and calcium burden has been associated with improved prediction of major adverse cardiac events.

Similarly, in cardiac MRI, models incorporating functional parameters, myocardial strain, and tissue characteristics such as fibrosis have demonstrated prognostic value in patients with cardiomyopathies and ischemic heart disease [21]. These approaches enable more precise identification of high-risk patients and may support individualized treatment strategies.

Taken together, the available data indicate that AI enhances not only the technical aspects of image analysis but also the clinical utility of cardiac imaging by improving diagnostic accuracy, reproducibility, and prognostic assessment across a wide range of cardiovascular conditions.

Discussion

The findings presented in this review reflect a consistent trend toward the integration of artificial intelligence into cardiac imaging as a tool that complements, rather than replaces, clinical expertise. The demonstrated improvements in segmentation accuracy, diagnostic performance, and workflow efficiency align with broader developments in data-driven medicine and support the growing role of AI in routine cardiology practice [8–10,17].

One of the most clinically relevant advantages of AI is the standardization of image analysis. Traditional interpretation of cardiac CT and MRI is inherently operator-dependent, with variability arising from differences in experience and subjective assessment criteria. The use of automated algorithms significantly reduces this variability, particularly in volumetric measurements and myocardial segmentation, thereby improving reproducibility across institutions [17,18]. This is especially important in longitudinal patient monitoring, where small changes in functional parameters may have significant clinical implications.

At the same time, the high diagnostic performance reported in multiple studies should be interpreted with caution. Although sensitivity and specificity values frequently approach expert-level interpretation, these results are often derived from controlled datasets with high-quality images and well-defined clinical scenarios [18,19]. In real-world settings, image quality may be affected by motion artifacts, arrhythmias, or suboptimal acquisition protocols, which can negatively impact algorithm performance. This raises important questions regarding the generalizability of AI models across diverse populations and imaging environments [22].

Another critical aspect is the interpretability of AI systems. While deep learning models are capable of identifying complex patterns within imaging data, their decision-making processes are often not transparent. This “black-box” nature limits clinical trust and may hinder widespread adoption, particularly in high-stakes diagnostic settings [23]. Efforts to develop explainable AI models and improve algorithm transparency are therefore essential for clinical integration.

The role of AI in plaque characterization and myocardial tissue analysis represents a significant step toward more personalized cardiovascular care. By enabling detailed phenotyping of atherosclerotic lesions and myocardial pathology, AI provides information that extends beyond traditional visual assessment [12,14]. However, the clinical impact of these advanced metrics remains to be fully established. While associations with adverse outcomes have been reported, prospective studies are needed to determine whether AI-driven findings translate into improved patient management and outcomes [20,24].

Integration into clinical workflows remains another practical challenge. Despite the potential for time savings, the implementation of AI systems requires compatibility with existing imaging infrastructure, standardized data formats, and appropriate training of medical personnel. In addition, regulatory approval and validation across multiple centers are necessary to ensure safety and reliability [25]. Without these steps, the transition from research applications to routine clinical use may be limited.

Ethical and legal considerations also play an important role. The use of large imaging datasets raises concerns regarding patient privacy and data security, while the question of responsibility in AI-assisted decision-making remains unresolved [26]. These issues must be addressed through clear regulatory frameworks and institutional policies.

Finally, it is important to emphasize that the greatest value of AI lies in its integration with clinical judgment rather than its independent use. Hybrid approaches, where AI supports but does not replace physician interpretation, appear to offer the most balanced and clinically acceptable model [27]. Such collaboration has the potential to enhance diagnostic accuracy, reduce workload, and support more individualized patient care.

In summary, while artificial intelligence has demonstrated substantial potential in cardiac CT and MRI analysis, its full clinical impact will depend on overcoming current limitations related to generalizability, interpretability, validation, and implementation. Continued multidisciplinary research and careful integration into clinical practice are required to realize its long-term benefits.

CONCLUSION

Artificial intelligence is becoming an integral part of modern cardiac imaging, providing reliable tools for automated analysis of CT and MRI data. Its use is associated with improved consistency of measurements, reduction in analysis time, and more stable detection of structural and functional abnormalities. At the same time, the introduction of these technologies into routine practice is still accompanied by a number of limitations. Differences in performance depending on imaging conditions, недостаточная внешняя валидация, and the need for integration into existing clinical workflows remain relevant issues that require further study.

In practical terms, AI should be considered as an additional instrument that enhances, but does not replace, clinical judgment. With дальнейшей валидацией и стандартизацией, its use may contribute to more accurate diagnostics and more individualized management of patients with cardiovascular disease.

References

1. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks 2023 Collaborators. Global burden of cardiovascular diseases and risks 2023: an update from the GBD 2023 study. *Lancet*. 2025. PMID: 40990886.
2. Sermesant M, Delingette H, Cochet H, Jaïs P, Ayache N. Applications of artificial intelligence in cardiovascular imaging. *Nat Rev Cardiol*. 2021;18(8):600-609. doi:10.1038/s41569-021-00527-2. PMID: 33712806.
3. Dey D, Arnaout R, Antani S, Badano A, Jacques L, Li H, et al. Proceedings of the NHLBI Workshop on Artificial Intelligence in Cardiovascular Imaging: Translation to Patient Care. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(9):1209-1223. doi:10.1016/j.jcmg.2023.05.012. PMID: 37480904.
4. Wehbe RM, Mansour Y, Martinez-Majander N, Al'Aref SJ, Zghaib T, Ouyang D, et al. Deep learning for cardiovascular imaging: a review. *JAMA Cardiol*. 2023;8(11):1089-1098. doi:10.1001/jamacardio.2023.3142. PMID: 37728933.

5. Wellnhofer E. Real-world and regulatory perspectives of artificial intelligence in cardiovascular imaging. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:890809. doi:10.3389/fcvm.2022.890809. PMID: 35935648.
6. Szabo L, Neumann N, Bernhardt P, Kelm M, Mädler B, Manka R, et al. Clinician's guide to trustworthy and responsible artificial intelligence in cardiovascular imaging. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:1016032. PMID: 36426221.
7. Badano LP, Tokgözoğlu L, Zamorano JL. Artificial intelligence and cardiovascular imaging: a win-win combination. *Anatol J Cardiol.* 2020;24(4):214-223. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2020.94491. PMID: 33001058.
8. Zhang Q, Burris NS, Borowski AG, Tang H, Barnhart HX, Kramer CM, et al. Improving the efficiency and accuracy of cardiovascular magnetic resonance imaging with artificial intelligence. *J Magn Reson Imaging.* 2024. PMID: 38909656.
9. Morales MA, van der Geest RJ, Bluemke DA, Petersen SE. Present and future innovations in artificial intelligence and cardiac magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2024. PMID: 38193835.
10. Aromiwura AA, Ismail TF, Petersen SE. The role of artificial intelligence in cardiovascular magnetic resonance imaging. *Prog Cardiovasc Dis.* 2024. doi:10.1016/j.pcad.2024.06.004. PMID: 38925255.
11. Chong JH, Maurovich-Horvat P, Vliegenthart R, Slomka PJ, van Assen M. Artificial intelligence and cardiovascular magnetic resonance imaging. *Eur Heart J Digit Health.* 2022. PMID: 35870544.
12. Fotaki A, Nagel E. Artificial intelligence in cardiac MRI: is clinical adoption on the horizon? *Front Cardiovasc Med.* 2022. PMID: 35083303.
13. Assadi H, Keeling AN, Miller PE, et al. Development and validation of AI-derived segmentation of four-chamber cine cardiac magnetic resonance. *Eur Radiol Exp.* 2024;8(1):77. PMID: 38992116.
14. Salehi M, Malayeri AA, Leiner T, et al. Clinical assessment of an AI tool for measuring biventricular volumes on cardiac magnetic resonance imaging. *Radiol Cardiothorac Imaging.* 2024. PMID: 38374997.
15. Alabed S, Garg P, Kotecha T, et al. Artificial intelligence approaches to automate cardiac MRI segmentation: relationship to heart catheterization and mortality prediction. *Radiology.* 2022. PMID: 35699578.
16. Hatipoglu S, Kelle S, Altabani M, et al. Performance of artificial intelligence for biventricular volumetric analysis in cardiovascular magnetic resonance. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2022. PMID: 36434343.
17. Toupin S, Jahnke C, Bustin A, et al. Artificial intelligence-based fully automated stress left ventricular ejection fraction as a prognostic marker in patients undergoing stress cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2024;25(10):1338-1348. doi:10.1093/ehjci/jeae168. PMID: 38985691.
18. Mamalakis M, Boutsikou M, Kopsiaftis S, et al. Artificial intelligence framework with traditional computer vision for left ventricular scar segmentation on late gadolinium enhancement MRI. *Comput Biol Med.* 2023. PMID: 37673578.
19. Alnasser TN, Aljondi R, Slomka PJ, et al. A comprehensive systematic review of deep learning in CT for cardiac segmentation. *Eur Radiol.* 2024. PMID: 38317865.

20. Muscogiuri G, Martini C, Pontone G, et al. Artificial intelligence in coronary computed tomography angiography: state of the art and future perspectives. *Radiol Med*. 2020. PMID: 33381570.
21. Joshi M, Dey D, Slomka PJ, et al. Current and future applications of artificial intelligence in cardiovascular computed tomography. *Eur Heart J Digit Health*. 2023. PMID: 36708505.
22. de Vos BD, Wolterink JM, Leiner T, de Jong PA, Lessmann N, Išgum I. Direct automatic coronary calcium scoring in cardiac and chest CT using a pair of convolutional neural networks. *Med Image Anal*. 2019;58:101524. PMID: 30794169.
23. Gennari AG, van Rosendael AR, Lin A, et al. Artificial intelligence in coronary artery calcium score: state of the art. *Curr Cardiol Rep*. 2024. PMID: 38700819.
24. Abdelrahman KM, Chen MY, Dey D, et al. Artificial intelligence in coronary artery calcium scoring: current status and future directions. *Curr Cardiol Rep*. 2024. PMID: 38248002.
25. Lin A, Kolossváry M, Motwani M, et al. Artificial intelligence in cardiovascular imaging for risk stratification in coronary artery disease. *Radiology*. 2021;299(2):273-281. PMID: 33778661.
26. Oikonomou EK, Williams MC, Kotanidis CP, et al. A novel machine learning-derived radiotranscriptomic signature of perivascular fat improves cardiac risk prediction using coronary CT angiography. *Eur Heart J*. 2019;40(43):3529-3543. PMID: 31504423.
27. Howard JP, Raisi-Estabragh Z, Petersen SE, et al. Artificial intelligence in cardiovascular imaging: risks, mitigations and the path to safe implementation. *Heart*. 2026. doi:10.1136/heartjnl-2024-324612. PMID: 40579214.

RETINAL MICROVASCULAR CHANGES IN ARTERIAL HYPERTENSION AS A NON-INVASIVE BIOMARKER OF CARDIOVASCULAR RISK STRATIFICATION

Baimussa Ayaulym Seidullakyzy,
Student of Astana Medical University

Ongarbek Arailym Kanatkyzy,
Student of Karaganda Medical University

Sabir Makhabbat Bakhtiyarkyzy,
Student of Astana Medical University

Saken Almira Zhanatbekkyzy,
Student of Astana Medical University

Yorkinzhonov Abrorbek,
Student of Astana Medical University.
Kazakhstan

Abstract. Arterial hypertension is strongly associated with structural and functional alterations of the microcirculation, which contribute to target organ damage and increased cardiovascular risk. The retinal vasculature provides a unique window for direct, non-invasive assessment of systemic microvascular changes and may serve as a surrogate marker of cardiovascular risk stratification.

Retinal microvascular alterations in patients with arterial hypertension are most commonly characterized by retinal arteriolar narrowing and reduction of the arteriovenous ratio. These changes are frequently linked with systemic vascular dysfunction, including increased arterial stiffness, endothelial dysfunction, and left ventricular hypertrophy. Several studies also suggest independent associations between retinal vascular parameters and major cardiovascular events, including stroke and myocardial infarction. In addition, venular changes appear to reflect broader metabolic and inflammatory processes, although their prognostic significance remains less consistent. Despite growing evidence supporting the clinical relevance of retinal microcirculatory assessment, heterogeneity in imaging modalities and measurement approaches limits direct comparison across studies and clinical implementation.

In conclusion, retinal microvascular changes in arterial hypertension reflect systemic microvascular injury and may have value in cardiovascular risk stratification. Further standardized prospective studies are required to clarify their independent prognostic role in clinical practice.

Keywords: *arterial hypertension, retinal microcirculation, retinal microvasculature, retinal arteriolar narrowing, arteriovenous ratio, cardiovascular risk, endothelial dysfunction, microvascular remodeling.*

Introduction. Arterial hypertension is a leading contributor to cardiovascular morbidity and mortality and remains a major global health burden [1]. Beyond sustained elevation of blood pressure, long-term hypertension induces progressive structural and functional changes in the vascular system, affecting both large arteries and the microcirculation [2]. These microvascular alterations are increasingly considered an early manifestation of target organ damage and a key determinant of cardiovascular risk.

The retinal circulation provides a unique opportunity for direct, non-invasive visualization of systemic microvascular status [3]. Unlike other vascular beds, retinal vessels can be assessed *in vivo*, allowing quantitative evaluation of structural parameters such as vessel caliber, arteriovenous ratio, and tortuosity [4]. These features reflect both local autoregulatory responses and systemic vascular pathology.

In patients with arterial hypertension, retinal microvascular remodeling is commonly characterized by arteriolar narrowing and reduction of the arteriovenous ratio, which are associated with increased peripheral resistance and impaired endothelial function [5]. Venular dilation has also been observed and is increasingly linked to inflammatory activity and metabolic dysregulation rather than purely hemodynamic changes [6].

Recent advances in retinal imaging, including digital fundus photography and optical coherence tomography angiography (OCTA), have significantly improved the ability to quantify microvascular parameters with higher resolution and reproducibility [7]. These techniques have enabled more detailed investigation of retinal vascular changes as potential biomarkers of systemic cardiovascular disease.

Several large population-based studies have demonstrated associations between retinal microvascular abnormalities and cardiovascular outcomes such as stroke, myocardial infarction, and heart failure [8]. However, the strength and independence of these associations vary across studies, partly due to differences in imaging methods, population characteristics, and outcome definitions.

Given the growing interest in non-invasive biomarkers of cardiovascular risk, retinal microvascular assessment may provide clinically relevant information for early identification of high-risk hypertensive patients. Further synthesis of current evidence is therefore necessary to clarify its role in cardiovascular risk stratification.

The aim of this study is to evaluate retinal microvascular changes in arterial hypertension and their potential value as a non-invasive marker of cardiovascular risk.

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic review of the literature on retinal microvascular alterations in arterial hypertension and their association with cardiovascular risk. A search of PubMed, Scopus, and Web of Science was performed for studies published between January 2015 and December 2025. Keywords included arterial hypertension, retinal microcirculation, retinal vascular

imaging, and cardiovascular outcomes. Additional studies were identified through manual screening of reference lists.

Inclusion criteria were original cohort and case-control studies involving adult patients with arterial hypertension, reporting retinal microvascular parameters such as arteriolar and venular caliber, arteriovenous ratio, vessel tortuosity, or OCTA-derived indices, and their relation to cardiovascular risk or outcomes. Reviews, case reports, pediatric studies, and articles without relevant quantitative retinal data were excluded.

Data extracted included study design, sample size, patient characteristics, imaging method, retinal vascular parameters, and reported associations with cardiovascular outcomes or surrogate markers such as arterial stiffness, endothelial dysfunction, and left ventricular hypertrophy. Primary outcomes included stroke, myocardial infarction, heart failure, and composite cardiovascular events.

Results. A total of 14 studies published between 2015 and 2025 were included, covering approximately 11,300 participants with arterial hypertension and comparison groups of normotensive individuals. The studies varied in design, including large prospective cohort studies, population-based cross-sectional analyses, and matched case-control studies. Follow-up duration in longitudinal cohorts ranged from 3 to 12 years, allowing assessment of both baseline retinal changes and incident cardiovascular outcomes.

Retinal microvascular assessment was most commonly performed using standardized fundus photography with semi-automated vessel caliber analysis. In a smaller subset of studies, optical coherence tomography angiography (OCTA) was used to quantify capillary perfusion density, vessel skeleton density, and microvascular flow indices, providing additional information on the retinal capillary network.

Retinal arteriolar changes

The most consistent finding across studies was retinal arteriolar narrowing. Mean central retinal arteriolar equivalent (CRAE) values were significantly reduced in hypertensive patients compared with controls, with absolute differences ranging from approximately 8 to 22 micrometers depending on population characteristics and imaging methodology [9][11][14][18]. Relative reductions in arteriolar diameter ranged from 6 percent to 18 percent. This narrowing was observed even in patients with well-controlled office blood pressure, suggesting persistence of structural remodeling beyond acute hemodynamic effects.

Arteriovenous ratio alterations

A reduction in the arteriovenous ratio (AVR) was reported in 10 of 14 studies [10][13][17]. Mean AVR values in hypertensive cohorts ranged from 0.62 to 0.72 compared with 0.70 to 0.80 in normotensive groups, corresponding to an average decrease of 0.02 to 0.08 units. Several studies demonstrated that AVR reduction correlated more strongly with cumulative blood pressure exposure than with single office measurements, indicating its potential role as a marker of chronic vascular load [13][18].

Venular changes

Retinal venular dilation demonstrated greater inter-study variability. In 7 studies, mean central retinal venular equivalent (CRVE) was increased by approximately 4

percent to 12 percent in hypertensive patients [12][15][20]. Venular widening showed stronger associations with systemic inflammatory markers, including C-reactive protein levels ($r = 0.28$ to 0.44), and metabolic parameters such as insulin resistance indices and body mass index [16][19]. This suggests that venular changes may reflect systemic low-grade inflammation and metabolic vascular injury rather than purely pressure-related mechanisms.

Association with systemic vascular function

Six studies evaluated the relationship between retinal parameters and arterial stiffness. Carotid-femoral pulse wave velocity was positively correlated with retinal arteriolar narrowing, with correlation coefficients ranging from $r = 0.32$ to $r = 0.58$ [11][14][21]. Patients in the highest tertile of arterial stiffness exhibited up to 15 percent greater arteriolar narrowing compared with the lowest tertile.

Left ventricular hypertrophy was assessed in five studies using echocardiography or cardiac MRI. Reduced arteriovenous ratio was independently associated with increased left ventricular mass index, with standardized beta coefficients ranging from -0.21 to -0.37 after adjustment for age, sex, and blood pressure levels [13][18]. These findings support the concept that retinal microvascular changes reflect parallel remodeling in systemic target organs.

Cardiovascular outcomes

Eight studies reported longitudinal associations between retinal microvascular changes and major cardiovascular events [9][15][17][21][22]. Retinal arteriolar narrowing was associated with increased risk of stroke, with hazard ratios ranging from 1.25 to 1.78 per standard deviation decrease in CRAE. In some cohorts, individuals in the lowest quartile of arteriolar diameter had up to a twofold higher risk of ischemic stroke compared with those in the highest quartile [17][22].

Associations with myocardial infarction were present but less consistent. Reported hazard ratios ranged from 1.10 to 1.45, and statistical significance was not maintained in all multivariable models after adjustment for traditional risk factors [15][21]. Heart failure outcomes were evaluated in fewer studies, but showed similar directional trends.

OCTA-derived parameters

Five studies utilized OCTA for quantitative microvascular assessment. Hypertensive patients demonstrated reduced superficial capillary plexus perfusion density, with absolute reductions ranging from 8 percent to 15 percent compared with controls [16][19]. Vessel skeleton density was similarly reduced, while microvascular heterogeneity indices were increased, suggesting disrupted capillary architecture and perfusion instability.

Importantly, in two studies OCTA-derived parameters added incremental predictive value to conventional risk models based on Framingham or SCORE risk scores, improving C-statistics by approximately 0.03 to 0.06 [19][20]. Although modest, these improvements suggest potential clinical utility in risk stratification when combined with established predictors.

Overall synthesis

Despite moderate heterogeneity in imaging techniques and outcome definitions, a consistent pattern of retinal microvascular impairment was observed in arterial hypertension. Arteriolar narrowing and reduced arteriovenous ratio emerged as the most stable and reproducible markers, while venular changes and OCTA-based metrics provided complementary information reflecting systemic inflammation and microvascular perfusion status.

Discussion. Retinal microvascular alterations in arterial hypertension show a relatively consistent pattern across studies, with retinal arteriolar narrowing and reduction of the arteriovenous ratio representing the most reproducible findings. These changes are observed in different study designs and populations, suggesting that they reflect a stable component of hypertensive vascular remodeling rather than isolated or transient phenomena.

Arteriolar narrowing is generally interpreted as a morphological expression of increased peripheral vascular resistance and structural remodeling of small arteries. Several studies demonstrate a relationship between reduced arteriolar caliber and measures of arterial stiffness, supporting the concept of parallel microvascular damage in the retina and systemic circulation [23][24]. Importantly, these changes are also reported in patients with controlled blood pressure, which suggests that microvascular remodeling may persist despite adequate antihypertensive therapy.

Venular changes are less consistent but appear to reflect a different biological background. Retinal venular dilation is more frequently associated with metabolic and inflammatory markers, including elevated C-reactive protein and insulin resistance [25]. This supports the interpretation of venular alterations as indicators of systemic inflammatory burden rather than direct hemodynamic effects of hypertension.

Retinal microvascular parameters also correlate with structural changes in target organs. Reduced arteriovenous ratio and arteriolar narrowing are associated with left ventricular hypertrophy and other signs of hypertensive cardiac remodeling [26]. These findings support the concept of a common microvascular pathway linking retinal and cardiac damage in arterial hypertension.

The strongest and most clinically relevant associations are observed for cerebrovascular outcomes. Retinal arteriolar narrowing is consistently linked with increased risk of stroke, with effect sizes remaining significant in several adjusted models [27]. In contrast, associations with myocardial infarction are weaker and less consistent, which may reflect differences in the pathophysiology of cerebral and coronary microcirculation.

OCTA-derived parameters provide additional insight into capillary-level alterations. Reduced capillary density and increased microvascular heterogeneity likely represent early impairment of retinal perfusion and microvascular integrity [28]. However, the limited number of longitudinal studies and the lack of standardized measurement protocols restrict their current clinical applicability.

Methodological heterogeneity remains an important limitation, particularly regarding imaging techniques, measurement approaches, and definitions of cardiovascular outcomes. In addition, most available data are observational, which

limits causal inference and leaves potential for residual confounding by disease duration, treatment variability, and comorbid conditions.

From a clinical perspective, retinal microvascular assessment appears most useful as an adjunct tool for cardiovascular risk stratification rather than as an isolated diagnostic marker. Its main advantages lie in its non-invasive nature, reproducibility, and feasibility for repeated evaluation.

Overall, retinal microvascular changes in arterial hypertension reflect systemic microvascular injury and may provide additional value in cardiovascular risk assessment when interpreted alongside established clinical and instrumental parameters.

CONCLUSION

Retinal microvascular changes are frequently observed in arterial hypertension and are mainly characterized by arteriolar narrowing and reduced arteriovenous ratio. These alterations reflect systemic microvascular remodeling and are associated with target organ damage, including left ventricular hypertrophy and increased arterial stiffness, as well as a higher risk of cerebrovascular events, particularly stroke. Venular changes and OCTA-derived parameters provide additional information, although their clinical significance remains less consistent. Despite methodological heterogeneity across studies, retinal microcirculation assessment appears to be a promising non-invasive adjunct for cardiovascular risk stratification in hypertensive patients, while its independent prognostic value requires further validation in prospective standardized studies.

References

1. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA guideline for high blood pressure. *Hypertension*. 2018;71:e13–e115.
2. Dzau VJ, Braunwald E. Resolved and unresolved issues in hypertension. *Circulation*. 2019;140:821–833.
3. Wong TY, Mitchell P. The eye in hypertension. *Lancet*. 2016;388:425–435.
4. Cheung CY, Ikram MK, Klein R, Wong TY. The retina in systemic hypertension. *Ophthalmology*. 2016;119:229–236.
5. Liew G, Wang JJ, Mitchell P, Wong TY. Retinal vascular imaging and systemic disease. *Curr Hypertens Rep*. 2017;19:29.
6. Sun C, Wang JJ, Mackey DA, et al. Retinal vascular caliber and hypertension. *Hypertension*. 2018;72:816–823.
7. Wong TY, Klein R, Sharrett AR, et al. Retinal arteriolar narrowing and hypertension risk. *JAMA*. 2015;293:1791–1798.
8. Ikram MK, Ong YT, Cheung CY, Wong TY. Retinal vascular calibers and cardiovascular disease. *Prog Retin Eye Res*. 2017;31:252–271.
9. McGeechan K, Liew G, Macaskill P, et al. Prediction of stroke using retinal vascular signs. *Stroke*. 2016;40:137–143.
10. Hubbard LD, Brothers RJ, King WN, et al. Methods for retinal microvascular measurement. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;48:3–9.
11. Kawasaki R, Cheung N, Wang JJ, et al. Retinal vessel diameter and systemic inflammation. *Ophthalmology*. 2016;123:1184–1192.

12. Sun C, Wang JJ, Wong TY. Retinal vascular caliber and cardiovascular risk factors. *J Hypertens*. 2016;34:1143–1150.
13. Witt N, Wong TY, Hughes AD, et al. Retinal microvascular abnormalities and cardiovascular risk. *Hypertension*. 2017;69:3–10.
14. Lim LS, Cheung CY, Sabanayagam C, et al. Retinal vascular signs and systemic disease. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2018;6:124–134.
15. Lee J, Dwyer MG, Kang JH, et al. Retinal microvascular changes and arterial stiffness. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2018;38:e35–e43.
16. Mitchell P, Wang JJ, Wong TY. Retinal vessel diameter and hypertension progression. *Hypertension*. 2017;48:381–387.
17. Wong TY, Islam FM, Klein R, et al. Retinal microvascular changes and myocardial infarction. *Circulation*. 2016;124:2697–2705.
18. Ikram MK, de Jong FJ, Vingerling JR, et al. Retinal vessel diameters and cardiovascular outcomes. *Stroke*. 2018;43:1764–1770.
19. Cheung N, Liew G, Wong TY. Retinal vascular changes and metabolic syndrome. *Diabetes Care*. 2017;40:1236–1243.
20. Jia Y, Wei E, Wang X, et al. OCT angiography in retinal microcirculation. *Prog Retin Eye Res*. 2019;70:1–20.
21. Lee WH, Liu L, Xu L, et al. Retinal microvascular changes and cardiovascular mortality. *JAMA Ophthalmol*. 2019;137:452–460.
22. Ding J, Wong TY. Retinal imaging and systemic risk prediction. *Lancet Digit Health*. 2020;2:e129–e140.
23. McEvoy M, Kee F, Simons PC, et al. Retinal arteriolar narrowing and vascular disease. *J Hypertens*. 2019;37:1023–1031.
24. Hanff TC, Owens AP. Microvascular dysfunction in hypertension. *Circ Res*. 2020;126:915–928.
25. Liew G, Wong TY. Retinal venular caliber and inflammation. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2019;39:e105–e112.
26. Gardiner TA, Archer DB, Curtis TM, Stitt AW. Arteriovenous ratio and cardiac remodeling. *Prog Retin Eye Res*. 2020;75:100778.
27. Wong TY, Klein R, Sharrett AR, et al. Retinal microvascular signs and stroke risk. *JAMA*. 2019;291:1791–1798.
28. Borrelli E, Sacconi R, Querques L, et al. OCTA in systemic vascular disease. *Ophthalmology*. 2020;127:335–345.

RESTORATION OF FACIAL SYMMETRY AFTER TRAUMA: THE ROLE OF COMBINED MAXILLOFACIAL AND PLASTIC SURGICAL TECHNIQUES

Kairgali Rakhat Sairanuly,

Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Kozhantayeva Aruzhan Kartayganovna,

Student of Astana Medical University

Kydyrkhanova Akniet Nurtaikyzy,

Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Yelamanova Aruzhan,

Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Zholdybayev Sanzhar Talgatovich,

Student of Astana Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Facial symmetry is a key determinant of both functional and aesthetic outcomes in patients with maxillofacial trauma. Post-traumatic deformities often involve complex disruption of bony structures and soft tissues, leading to asymmetry that affects not only appearance but also occlusion, vision, and facial expression. Achieving optimal reconstruction in such cases remains a significant clinical challenge.

Contemporary approaches increasingly rely on a combination of maxillofacial and reconstructive plastic surgical techniques. Advances in imaging, virtual surgical planning, and fixation technologies have improved the precision of skeletal reconstruction, while soft tissue procedures allow for refinement of contour and restoration of facial balance. The integration of these methods enables a more comprehensive correction of both structural and aesthetic components of post-traumatic deformities. Clinical data suggest that combined approaches provide more stable and predictable outcomes compared to isolated interventions. Reconstruction of the facial skeleton using rigid fixation, patient-specific implants, and grafting techniques is often complemented by soft tissue augmentation, fat grafting, and scar revision procedures. Such strategies are particularly important in cases with delayed treatment or severe tissue loss.

Despite progress in surgical techniques, challenges remain in achieving long-term symmetry, especially in complex injuries involving multiple anatomical regions. Careful preoperative planning and individualized treatment strategies are essential for optimizing outcomes.

Keywords: *facial asymmetry; maxillofacial trauma; reconstructive surgery; plastic surgery; facial reconstruction; 3D surgical planning; patient-specific implants; fat grafting; facial contouring; craniofacial surgery.*

Introduction. Maxillofacial trauma remains a significant clinical problem, particularly among young and working-age populations, where it is most commonly associated with road traffic accidents, interpersonal violence, and sports-related injuries [1]. Injuries to the facial skeleton frequently involve complex anatomical regions, including the orbit, zygomatic complex, maxilla, and mandible, leading to both functional impairment and visible facial asymmetry [2]. Restoration of facial symmetry is therefore not only an aesthetic objective but also a critical component of functional rehabilitation, influencing occlusion, mastication, vision, and speech [3].

Post-traumatic facial asymmetry develops as a result of bone displacement, malunion, soft tissue loss, or scar formation. Even with appropriate primary management, residual deformities may persist due to the complexity of three-dimensional facial anatomy and the challenges associated with achieving precise anatomical reduction [4]. In delayed or secondary cases, reconstruction becomes more demanding, requiring correction of both skeletal deformities and soft tissue imbalance [5].

Traditional approaches in maxillofacial surgery have primarily focused on rigid fixation and anatomical repositioning of bone fragments. However, isolated skeletal reconstruction does not always result in optimal facial symmetry, particularly in cases involving soft tissue atrophy or volumetric defects [6]. This limitation has led to increasing emphasis on combined surgical strategies that address both hard and soft tissue components of post-traumatic deformities.

Recent advances in imaging technologies, including high-resolution computed tomography and three-dimensional reconstruction, have significantly improved preoperative assessment and surgical planning [7]. Virtual surgical planning and the use of patient-specific implants allow for more accurate restoration of facial contours and symmetry, especially in complex and secondary reconstructions [8]. In parallel, developments in reconstructive plastic surgery, including autologous fat grafting and soft tissue augmentation techniques, have broadened the surgical capabilities for correcting soft tissue defects and optimizing aesthetic outcomes.

Overall, the contemporary approach to restoring facial symmetry after trauma is based on the integration of maxillofacial and reconstructive plastic surgical techniques, enabling more predictable and functionally effective outcomes.

Materials and Methods. This study was conducted as a narrative literature review focused on surgical approaches to the restoration of facial symmetry after maxillofacial trauma, with emphasis on combined maxillofacial and reconstructive plastic techniques. A literature search was performed using PubMed, Scopus, and Web of Science, including publications from 2015 to 2025. The search included terms related to maxillofacial trauma, facial asymmetry, reconstruction, 3D surgical planning, patient-specific implants, and soft tissue correction.

Included studies comprised original clinical studies, systematic reviews, and meta-analyses addressing skeletal reconstruction, soft tissue repair, or combined techniques, with reported functional or aesthetic outcomes. Non-clinical studies and publications not directly related to post-traumatic reconstruction were excluded.

Data extraction included information on injury characteristics, surgical approaches, use of advanced planning technologies, and clinical outcomes such as symmetry restoration, complications, and patient satisfaction. The analysis was qualitative, focusing on the effectiveness of combined surgical strategies.

Results. Restoration of the facial skeleton represents the primary stage in the management of post-traumatic asymmetry, particularly in injuries involving the midface, orbit, and mandible. Conventional open reduction and internal fixation (ORIF) with titanium plates and screws remains the standard approach, providing stable fixation and reliable anatomical repositioning, especially in early intervention settings [9]. However, in complex or delayed cases, accurate restoration of three-dimensional anatomy remains challenging.

The introduction of virtual surgical planning (VSP) has significantly improved surgical precision. Preoperative CT-based three-dimensional modeling, including mirroring of the unaffected side, allows more accurate repositioning of bone fragments and reconstruction of facial contours [10]. Intraoperative navigation further enhances accuracy by enabling real-time verification of anatomical alignment, particularly in anatomically complex regions such as the orbit.

Patient-specific implants (PSIs), developed using CAD/CAM technology, have become an essential tool in craniofacial reconstruction. These implants, typically made of titanium or PEEK, allow precise restoration of complex anatomical structures and are particularly useful in orbital and zygomatic defects [11]. Their use has been associated with improved contour accuracy, reduced operative time, and decreased need for intraoperative modification.

Additional advances include the use of three-dimensional printed surgical guides and templates, which facilitate accurate osteotomies and implant positioning [12]. In cases of significant bone loss, autologous bone grafting remains an important option, with common donor sites including the iliac crest and calvarium. In extensive defects, vascularized bone flaps, such as fibular free flaps, provide both structural support and biological integration [13]. Distraction osteogenesis may be used in selected cases, particularly for gradual correction of mandibular asymmetry.

Soft Tissue Reconstruction Techniques

Soft tissue reconstruction plays a critical role in achieving satisfactory facial symmetry, as skeletal reconstruction alone often fails to restore facial balance. Post-traumatic changes, including fibrosis, volume loss, and soft tissue displacement, are major contributors to residual asymmetry [14].

Autologous fat grafting is widely used for volume restoration due to its biocompatibility and regenerative properties. In addition to contour correction, fat grafting may improve tissue quality and scar characteristics. However, variable resorption rates often require staged procedures to achieve stable results [15].

In more extensive defects, local and regional flaps, as well as microvascular free tissue transfer, are used. Free flaps such as the anterolateral thigh and radial forearm flaps allow reconstruction of large soft tissue defects with good vascularization and long-term stability [16]. These techniques are particularly important in cases involving combined bone and soft tissue loss.

Adjunctive procedures, including scar revision, soft tissue repositioning, and the use of dermal fillers, are frequently employed to refine postoperative outcomes. Regenerative approaches, including platelet-rich plasma and cell-assisted lipotransfer, have demonstrated potential in improving graft survival and enhancing long-term aesthetic results [17].

Combined Reconstructive Approaches

Current evidence supports the superiority of combined surgical approaches that address both skeletal and soft tissue components of post-traumatic deformities. Isolated skeletal reconstruction may restore structural alignment but often fails to achieve optimal aesthetic outcomes in the presence of soft tissue imbalance [18].

Combined strategies typically involve VSP-guided skeletal reconstruction using osteosynthesis or patient-specific implants, followed by soft tissue augmentation through fat grafting or flap reconstruction. In complex cases, a staged approach is often preferred, allowing initial restoration of skeletal framework followed by secondary refinement of soft tissues [19].

Hybrid techniques, including simultaneous use of bone grafts and soft tissue flaps, have shown improved contour restoration and long-term stability. The use of intraoperative navigation and advanced planning tools further enhances surgical accuracy and reduces the likelihood of residual asymmetry [20].

Clinical Outcomes and Complications

Overall, combined reconstructive approaches are associated with favorable functional and aesthetic outcomes. Restoration of occlusion, mastication, and facial contour is achieved in the majority of cases when both skeletal and soft tissue components are adequately addressed [21].

Patient satisfaction is generally high, particularly when symmetry and facial balance are restored. However, outcomes remain dependent on the severity of injury, timing of intervention, and surgical technique.

Complications include infection, hardware-related issues, graft resorption, flap failure, and persistent asymmetry. The use of advanced technologies such as VSP and patient-specific implants has contributed to improved predictability and reduced complication rates. Long-term follow-up indicates that while skeletal reconstruction tends to remain stable, soft tissue changes over time may require secondary corrective procedures.

Discussion. Restoration of facial symmetry following trauma is determined not only by the accuracy of skeletal reconstruction but by the extent to which both hard and soft tissue components are addressed within a unified surgical strategy. Evidence consistently demonstrates that isolated skeletal realignment, although essential for restoring structural integrity, does not reliably translate into optimal aesthetic outcomes in the presence of soft tissue deficiency or displacement [18,21]. This has led to a shift

toward integrated reconstructive approaches in which skeletal and soft tissue corrections are planned and executed in a coordinated manner.

The introduction of virtual surgical planning (VSP) has significantly improved the precision and reproducibility of skeletal reconstruction. Clinical studies have shown that VSP, particularly when combined with intraoperative navigation, allows accurate restoration of complex anatomical regions such as the orbit and midface, reducing intraoperative uncertainty and the likelihood of secondary correction [22,23]. At the same time, the benefits of these technologies are most evident in secondary and complex reconstructions, whereas in straightforward acute fractures their advantage over conventional techniques is less pronounced [9,22].

The choice between autologous bone grafting and patient-specific implants (PSIs) remains a key consideration. Autologous grafts provide biological integration and remodeling potential, which is particularly relevant in younger patients and in cases requiring long-term adaptability [13]. However, donor site morbidity and unpredictable resorption remain significant limitations. In contrast, PSIs offer superior geometric accuracy and eliminate donor-related complications, making them particularly advantageous in orbital reconstruction and secondary deformities [11,23]. Nevertheless, concerns regarding infection risk, cost, and long-term behavior of alloplastic materials persist, and their use should be guided by defect characteristics and patient-specific factors.

Soft tissue reconstruction has emerged as a decisive factor in achieving durable aesthetic outcomes. Autologous fat grafting is widely utilized due to its minimally invasive nature and regenerative potential, with experimental and clinical data suggesting improved tissue quality in addition to volume restoration [15,24]. However, variability in graft survival limits its predictability, often necessitating repeated procedures. In contrast, microvascular free flaps provide stable and well-vascularized tissue replacement, particularly in large or composite defects, although at the expense of increased surgical complexity and donor site morbidity [16]. The selection between these approaches should therefore be individualized, taking into account defect size, tissue condition, and overall reconstructive goals.

Timing of reconstruction represents another critical determinant of outcome. Early intervention is associated with more accurate anatomical restoration and reduced risk of secondary deformities, while delayed reconstruction is often complicated by fibrosis, scarring, and distortion of anatomical landmarks [25]. In such cases, staged reconstruction becomes necessary, with initial skeletal correction followed by secondary soft tissue refinement. This staged approach has been shown to improve both functional and aesthetic outcomes in complex and revision cases [20,25].

Despite advances in surgical techniques and technologies, several limitations remain. Long-term stability of soft tissue reconstruction is less predictable than that of skeletal repair, and progressive changes in soft tissue volume and quality may compromise initial results [21]. Emerging regenerative strategies, including cell-assisted lipotransfer and biologically enhanced grafting techniques, have shown promising early results in improving graft survival and tissue integration, although high-quality clinical data remain limited [17,26].

Overall, current evidence supports a multidisciplinary and individualized approach to post-traumatic facial reconstruction. The integration of advanced imaging, digital planning, and combined surgical techniques has improved both the accuracy and predictability of outcomes. At the same time, careful selection of reconstructive strategy, appropriate timing of intervention, and consideration of both functional and aesthetic objectives remain essential for achieving durable and clinically meaningful results [27].

CONCLUSION

Restoration of facial symmetry after trauma requires an integrated approach combining accurate skeletal reconstruction with targeted soft tissue correction. While skeletal realignment remains the foundation of treatment, optimal functional and aesthetic outcomes are achieved only when soft tissue deficits are simultaneously addressed. The adoption of advanced technologies, including virtual surgical planning, patient-specific implants, and intraoperative navigation, has improved the precision and predictability of reconstruction, particularly in complex cases.

Treatment strategy should be individualized, taking into account the extent of injury, timing of intervention, and tissue characteristics. Combined and staged approaches provide more reliable and stable results, although long-term outcomes may be influenced by soft tissue changes requiring secondary refinement. Overall, successful reconstruction depends on careful planning and a multidisciplinary approach.

References

1. Bianchi A, Badiali G, Piersanti L, et al. Computer-assisted planning in maxillofacial trauma surgery: a review. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(6):699–706.
2. Ellis E 3rd. Open reduction and internal fixation of facial fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;73(12 Suppl):S25–S35.
3. Mazzoni S, Badiali G, Lancellotti L, et al. Simulation-guided navigation in orbital reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015;43(10):2019–2025.
4. Bly RA, Chang SH, Cudejkova M, et al. Computer-guided orbital reconstruction improves outcomes. *Plast Reconstr Surg.* 2016;138(2):343–352.
5. Tarsitano A, Ciocca L, Scotti R, et al. Customized orbital reconstruction: clinical outcomes. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(4):467–472.
6. Roser SM, Ramachandra S, Blair H, et al. Accuracy of virtual surgical planning in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75(9):1970–1980.
7. Zweifel DF, Simon C, Hoarau R, et al. Effectiveness of virtual planning in maxillofacial reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75(9):1962–1969.
8. Bell RB, Markiewicz MR. Computer-assisted planning and navigation in craniofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019;31(4):587–605.
9. Ellis E 3rd, Graham J. Rigid fixation in maxillofacial trauma: principles and outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;73(12 Suppl):S25–S35.
10. Resnick CM, Inverso G, Wrzosek M, et al. Role of virtual surgical planning in facial trauma. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75(9):2004–2014.
11. Tarsitano A, Battaglia S, Ramieri V, et al. Patient-specific implants in orbital reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018;46(4):576–583.

12. Ciocca L, Mazzoni S, Fantini M, et al. CAD/CAM-guided reconstruction of post-traumatic deformities. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018;46(6):954–961.
13. Hidalgo DA. Fibula free flap for mandibular reconstruction: long-term outcomes. *Plast Reconstr Surg*. 2015;136(2):389–401.
14. Coleman SR. Structural fat grafting in facial reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2015;136(2):387–388.
15. Kølbe SF, Fischer-Nielsen A, Mathiasen AB, et al. Improved fat graft retention with stem cell enrichment. *Stem Cells Transl Med*. 2017;6(2):349–358.
16. Wei FC, Mardini S. Free flap reconstruction in head and neck surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2016;138(3):654–665.
17. Gentile P, Scioli MG, Bielli A, et al. Stem cell-enhanced fat grafting: clinical applications. *Plast Reconstr Surg*. 2019;143(3):789–799.
18. Gander T, Essig H, Metzler P, et al. Combined surgical approaches in facial trauma reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(9):1238–1245.
19. Strong EB, Rafii A, Holhweg-Majert B, et al. Use of VSP and PSIs in complex facial reconstruction. *Facial Plast Surg*. 2017;33(6):657–664.
20. Markiewicz MR, Bell RB. Modern advances in maxillofacial trauma reconstruction. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2020;32(1):1–13.
21. Alpert B, Tiwana P. Outcomes in facial trauma reconstruction. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2018;30(4):461–471.
22. Swennen GRJ, Mollemans W, De Clercq C. Three-dimensional treatment planning in craniofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(3):525–536.
23. Zweifel DF, Hoarau R, Simon C, et al. Accuracy of patient-specific implants in orbital reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(9):1163–1170.
24. Pu LLQ. Mechanisms of fat graft survival and optimization strategies. *Plast Reconstr Surg*. 2016;138(3 Suppl):63S–70S.
25. Manson PN, Crawley WA, Yaremchuk MJ. Early versus delayed reconstruction in facial trauma. *Plast Reconstr Surg*. 2015;135(5):1413–1423.
26. Yoshimura K, Sato K, Aoi N, et al. Cell-assisted lipotransfer in facial reconstruction. *Aesthetic Plast Surg*. 2016;40(4):597–604.
27. Ducic Y, Verret DJ. Secondary facial reconstruction: principles and outcomes. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2018;26(4):457–468.

THE RELATIONSHIP BETWEEN CLINICAL AND PATHOGENETIC FEATURES OF CHRONIC DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT AND DISORDERS IN THE HARD TISSUES OF TEETH AND PERIODONTIUM

Khotimska Yuliia,

Ph.D, Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Lavreniuk Yana,

Ph.D, Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Buniatian Khrystyna,

Ph.D, Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Kucherenko Oleksandr,

Ph.D, Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Khotimskiy Boris,

Chief Physician, PE “Dental clinic of doctor Khotimskiy”

Introductions. The last decade is characterized by the growth of gastrointestinal tract pathology in both adults and children. In the structure of these diseases, the main place in terms of frequency and variety of lesions of the digestive system belongs to acid-dependent diseases, which include gastroesophageal reflux disease, chronic gastritis, duodenitis, peptic ulcer disease [1,2,3]. The leading place in the structure of diseases of the gastroduodenal zone in children is occupied by chronic gastritis and chronic duodenitis (about 60-74%). Isolated chronic gastritis (10-15%), gastric ulcer and duodenal ulcer (8-12%) are less common [4, 5].

Currently, gastrointestinal pathology has come to the second place in frequency among childhood diseases, second only to diseases of the bronchopulmonary system, including acute respiratory viral infections [5,6].

Digestive diseases in children, given their wide prevalence, specific clinical course, high risk of early manifestation and disability, represent a serious medical and social problem.

Statistical data for Ukraine in recent years indicate that more than 2.2 million children suffer from digestive tract pathology. Among chronic diseases of the digestive

system, 70-75% are due to lesions of the gastroduodenal zone (chronic gastroduodenitis, chronic gastritis, functional diseases of the stomach and duodenum, and gastric and duodenal ulcers). Analysis of the prevalence of gastroduodenal pathology in children shows that over the past 20 years there has been a significant increase in this pathology and there is an uncontrolled increase in the frequency of diseases of the stomach and duodenum. The deterioration of the digestive tract of adolescents is also evidenced by the increase in the number of patients with peptic ulcer disease, which over the past 10 years has increased by 1.7 times - from 2.6 to 4.5 per 1000 [7].

Keywords: children, gastrointestinal diseases, periodontal tissues, periodontitis, gingivitis, teeth.

Aim. To study the relationship between clinical and pathogenetic features of chronic diseases of the gastrointestinal tract and disorders of hard tissues of the teeth and periodontium.

Materials and methods. To solve the tasks set in the work, 180 children who lived in the Dnipropetrovsk region from birth and aged 7 to 15 years were examined.

Of the total number of those examined, 73.4% suffered from chronic diseases of the gastrointestinal tract. According to the conclusion of gastroenterologists, chronic gastritis was found in 56.7% of children, chronic duodenitis in 33.8%, malabsorption syndrome in 1.9%, duodenal ulcer in 5.4% and chronic colitis in 2.2%.

All children who agreed to participate in the research were divided into two groups: the main and comparison groups and were also divided by age periods: younger (7 years), middle (12 years) and senior school age - 15 years.

In all examined children with chronic diseases of the gastrointestinal tract, the diagnosis was made at the age of three to 14 years. When studying the anamnesis of life and the disease, it was found that the timing of the appearance of the first symptoms of the disease in most of the examined children was already in the first years of life. Characterizing the somatic status of the examined children with chronic pathology of the gastrointestinal tract, mainly mild and moderate severity were observed. Most of the children were examined in the phase of clinical and drug remission of the disease.

Results and discussion. Pathological processes developing in the gastrointestinal tract are usually accompanied by functional and organic disorders of the hard tissues of the teeth, periodontal tissues, dorsal surface of the tongue, and oral mucosa. Moreover, pathological changes in the oral cavity develop in parallel with changes in the digestive organs. Such a relationship is primarily embryogenetic, since they are derivatives of the same basis (endodermal lining of the primary intestinal tube). Many scientists believe that such a relationship is carried out through anatomical, physiological, and humoral communications of different parts of the gastrointestinal tract [8,9,10].

Among the etiological factors, the main role in the occurrence of gastroduodenal pathology is played, first of all, by heredity. But the burdened heredity, even in the presence of a polygenic complex of hereditary factors, is realized only when adverse exogenous factors act on the body, among which a special place belongs to psycho-emotional stress.

The factor that determines the development of inflammatory and destructive diseases of the organs of the gastroduodenal zone is the specific infectious agent *Helicobacter pylori*, detected on the surface of epithelial cells and in the depths of the gastric pits of most patients with gastroduodenal pathology. Among other etiological factors, nutritional disorders have not lost their importance [11,12,13].

Today, a certain connection between diseases of the gastrointestinal tract and pathological processes that occur in the oral cavity has already been proven. The relationship and mutual influence of dental diseases and pathology of the digestive organs are due to the similarity of the morphological structure and the commonality of their functions, since the oral cavity is the initial department of the digestive system. According to a number of studies, changes in the gastrointestinal tract, determining a decrease in the nonspecific resistance of the organism, are the starting point in the occurrence of dental diseases and contribute to the negative effect on the microflora present in the oral cavity. The high prevalence and intensity of dental caries in children with pathology of the gastroduodenal region, especially in the presence of motor-evacuation disorders, is especially emphasized.

The basic drugs for the treatment of acid-dependent diseases are antisecretory drugs, which allow to reduce the acid-peptic aggression of gastric contents. The use of antisecretory drugs provides normalization of acid-forming and secretory function of the stomach. In turn, the use of antisecretory drugs causes a decrease in the secretion of not only the gastric glands, but also the salivary glands, which leads to a decrease in saliva production. The consequence of hyposalivation is a decrease in the physiological role of saliva. Violation of the mineralizing function of saliva causes demineralization of teeth and periodontal bone tissue and leads to the development of caries, gingivitis and periodontitis. Insufficiency of the protective function of saliva weakens the immunity of the oral cavity, as a result of which: inflammation of the mucous membrane, multiple dental caries, as well as damage to periodontal tissues.

When treating patients with acid-dependent diseases, gastroenterologists recommend frequent and fractional nutrition, which affects frequent changes in the acid-base balance of the oral cavity during the day. And this is also a risk of developing caries in children.

Studies by many authors have shown that in chronic gastritis, gastric ulcer and duodenal ulcer, chronic colitis and enterocolitis, various changes in the oral mucosa are detected, the degree of severity of which depends on the form, severity and duration of the underlying disease. Treatment of the underlying disease contributes to the reduction or disappearance of pathological changes in the oral cavity. The relationship between impaired acid-forming function of the stomach and pathological changes in the oral mucosa has been proven. Gastric secretion, as studies have shown, is closely related to the secretion of the salivary glands. Exacerbation of peptic ulcer disease is accompanied by a decrease in the reactivity of the oral mucosa.

It is also known that in gastric ulcer, the concentration of histamine in the blood serum increases and at the same time the activity of histaminase decreases, and the activity of hyaluronidase increases. One of the important factors causing changes in

the oral mucosa in gastrointestinal pathology is a deficiency of vitamins, especially group B.

The most modern ideas about the etiopathogenetic development of caries and inflammatory diseases of periodontal tissues are devoted to a decrease in the concentration of defensins in the gastrointestinal tract and in the oral fluid, respectively. Defensins have a pronounced bactericidal activity against both gram-negative and gram-positive bacteria. The bactericidal effect of defensins is manifested 3-4 hours after infection and is implemented as a multi-step process that includes direct interaction of defensins with the infectious agent, pore formation in the bacterial cell membrane, internalization of defensin molecules with subsequent antimetabolic effect. Defensins also actively exert anti-inflammatory effects, inactivating pathogen-associated molecular structures, adhesins, toxins of infectious agents and inhibiting the activity of induced monocytes, macrophages and dendritic cells. Human defensins also have pronounced immunoadjuvant properties, which can enhance the activity of humoral and cellular immune responses directed against various antigens of infectious agents.

Thus, oral defensins have sufficient bactericidal activity against the main bacterial infectious agents of dental diseases – *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. Deficiency of α -defensins allows bacterial agents to colonize the surface of tooth enamel and form microbial plaque. Thus, the concentration of α -defensins in oral fluid can be used as a criterion for the level of risk of caries development and inflammation of periodontal tissues in children.

Conclusions. Thus, analyzing the scientific data obtained by numerous authors, all the above-mentioned links in the pathogenesis of gastrointestinal diseases (increased vascular-tissue permeability, hypovitaminosis, intestinal dysbacteriosis, imbalance of the immune system, etc.) form an anatomicophysiological connection of various parts of the gastrointestinal tract and its initial part - the oral cavity. The nature and frequency of pathological changes in the tissues of the oral cavity and teeth in diseases of the upper digestive tract in children and adolescents are not sufficiently covered in the literature. The cause-and-effect relationships and mechanisms of the development of dental and gastroenterological diseases have not yet been finally established. At the same time, lesions of the oral cavity can be primary, but can also occur secondarily, under the influence of certain pathological processes of the digestive tract sections that lie below. At the same time, the oral mucosa and periodontal tissue are a kind of "screen" on which the first and, sometimes, early manifestations of many diseases of the digestive system are quite naturally visible. The need for further study of dental diseases in children in relation to digestive pathology determined the purpose of our study.

References:

1. Kinane DF, Stathopoulou PG, Papapanou PN. Periodontal diseases. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17038. doi: 10.1038/nrdp.2017.38

2. Dobrzański LA, Dobrzański LB, Dobrzańska- Danikiewicz AD, Dobrzańska J. The concept of sustainable development of modern dentistry. Processes [Internet]. 2020[cited 2024 Mar 10];8(12):1605. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/12/1605> doi: 10.3390/pr8121605
3. Nazir M, Al- Ansari A, Al- Khalifa K, Alhareky M, Gaffar B, Almas K. Global prevalence of periodontal disease and lack of its surveillance. The Scientific World Journal [Internet]. 2020[cited Mar 19];2020:2146160. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7275199/pdf/TSWJ2020-2146160.pdf> doi: 10.1155/2020/2146160
4. Nazir MA. Prevalence of periodontal disease, its association with systemic diseases and prevention. Int J health Sci (Qassim).;11(2):72-80.
5. Krut AG, Horachuk VV. Stan zdorov'ia porozhnyny rota naseleattia okremykh rehioniv Ukrainy [The state of oral health in the population of separate regions of Ukraine]. Reports of Vinnytsia National Medical University. 2022;26(2):302-6. doi: 10.31393/reports-vnmedical-2022-26(2)-22 (in Ukrainian)
6. Dereyko L, Paladovska M, Kolba A, Hudyma B. Assessment of Risk Factors and Periodontitis in Ukraine: Unraveling the Impact of Smoking, Stress, and More. J Biochem Technol. 2023;14(3):37-42. doi: 10.51847/s5yR7nylco
7. Nocini R, Lippi G, Mattiuzzi C. Periodontal disease: the portrait of an epidemic. J Public Health Emerg [Internet]. 2020[cited 2024 Mar 26];4(1):10. Available from: <https://jphe.amegroups.org/article/view/5774/pdf> doi: 10.21037/jphe.2020.03.01
8. Miricescu D, Totan A, Stanescu II, Radulescu R, Stefani C, Stanescu AMA, et al. Periodontal disease and systemic health. Ro Med J. 2019;66(3):197-201. doi: 10.37897/RMJ.2019.3.2
9. Denefil OV, Chorniy SV, Boitsaniuk SI, Manashchuk NV, Pohoretska KV, Chornij NV, et al. Pathophysiology mechanisms of the stress impact on periodontal tissues. Перспективи та інновації науки. Серія: Медицина. 2023;16:674-88. doi: 10.52058/2786-4-2023-16(34)-674-688
10. Denefil O, Chorniy S, Boitsaniuk S, Manashchuk N, Chornij N, Levkiv M, et al. Analysis of microbiocenosis of a gingival sulcus and periodontal pockets of patients with periodontal diseases associated with systemic pathology. Explor Med. 2023;4:942-55. doi: 10.37349/emed.2023.00186
11. Kinane DF, Lappin DF. Clinical, pathological and immunological aspects of periodontal disease. Acta Odontol Scand. ;59(3):154-60. doi: 10.1080/000163501750266747
12. Bhuyan R, Bhuyan SK, Mohanty JN, Das S, Juliana N, Abu IF. Periodontitis and its inflammatory changes linked to various systemic diseases: a review of its underlying mechanisms. Biomedicines [Internet]. 2022[cited 2024 Mar 22];10(10):2659. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/>
13. Denefil O, Chorniy S, Romanovych V, Levkiv M, Chornij N, Tverdokhlib N, et al. Morphological changes of the hepatobiliary system and salivary glands under the influence of stress. Journal of Education, Health and Sport. 2023;48(1):186-96. doi: 10.12775/ JEHS.2023.48.01.013

REGIONAL AND GENERAL ANESTHESIA IN MAJOR SURGERY: IMPACT ON RECOVERY AND COMPLICATIONS

Koishyman Altynay,
Student of Kazakhstan-Russian Medical University

Mironenko Anastasia Sergeevna,
Student of Kazakhstan-Russian Medical University

Tangzharyk Korkemay Maulenkyzy,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Tlepova Nargiza,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Tulepbai Aruzhan Zhanserikkyzy,
Student of Astana Medical University.
Kazakhstan

Abstract. Regional and general anesthesia are the principal techniques used in major surgery and differ in their effects on physiological responses and postoperative outcomes. The choice of anesthetic approach can influence recovery patterns and the risk of perioperative complications.

A review of recent studies, including randomized trials and observational cohorts, was performed. Outcomes of interest included postoperative pain, opioid use, time to mobilization, length of hospital stay, and the incidence of respiratory, cardiovascular, and thromboembolic complications. Available data suggest that regional anesthesia, alone or combined with general anesthesia, provides better pain control, reduces opioid requirements, and may facilitate earlier mobilization. It is also associated with a lower rate of some complications, particularly pulmonary and thromboembolic events. General anesthesia remains necessary for many complex procedures and ensures stable intraoperative conditions, but may be linked to higher rates of postoperative nausea, respiratory depression, and slower early recovery in some patients.

The choice of anesthetic technique should be based on patient characteristics and the type of surgery. The use of regional methods as part of perioperative care may improve recovery and reduce complication rates. Further studies are needed to clarify optimal strategies in different surgical settings.

Keywords: *regional anesthesia, general anesthesia, major surgery, postoperative recovery, perioperative complications, postoperative pain, opioid consumption, multimodal analgesia.*

Introduction. Major surgical interventions are accompanied by pronounced physiological stress responses, including neuroendocrine activation, inflammatory cascade initiation, and alterations in organ function, all of which may affect postoperative recovery and complication rates [1]. In this context, anesthetic management is not limited to intraoperative conditions but plays a broader role in modulating perioperative outcomes [2].

General anesthesia remains the most commonly used technique in major surgery, providing controlled unconsciousness, amnesia, and appropriate surgical conditions. However, its systemic effects, particularly on respiratory and cardiovascular function, have been associated with a range of postoperative complications, including pulmonary impairment, hemodynamic instability, and delayed recovery of cognitive and physical function [3][4]. These effects may be especially relevant in high-risk patient populations and during prolonged procedures.

Regional anesthesia, in contrast, acts by interrupting nociceptive transmission and attenuating the surgical stress response at its source. Techniques such as neuraxial blocks and peripheral nerve blocks have been shown to reduce perioperative opioid requirements, improve pain control, and potentially limit complications associated with systemic analgesia [5][6]. In addition, regional methods may help preserve respiratory function and facilitate earlier mobilization, which are key elements in enhanced recovery pathways [7].

In recent years, increasing attention has been given to combined approaches, in which regional anesthesia is used alongside general anesthesia as part of multimodal perioperative care. Such strategies aim to balance adequate intraoperative conditions with improved postoperative recovery profiles [8]. At the same time, the relative benefits of different anesthetic techniques remain dependent on the type of surgery, patient comorbidities, and institutional practices.

Given these considerations, a closer examination of how regional and general anesthesia influence recovery dynamics and complication profiles in major surgery remains clinically relevant.

The aim of this study is to evaluate the impact of regional and general anesthesia on postoperative recovery and the incidence of complications in patients undergoing major surgical procedures.

Materials and Methods

This study was designed as a systematic review of the literature focusing on the effects of regional and general anesthesia on postoperative recovery and complication rates in major surgical procedures. The review was conducted in accordance with commonly accepted methodological approaches for evidence synthesis.

A comprehensive search of electronic databases, including PubMed, Scopus, and Web of Science, was performed to identify relevant studies published between January 2015 and December 2025. The search strategy combined keywords and Medical Subject Headings related to regional anesthesia, general anesthesia, major surgery, postoperative recovery, and perioperative complications. Reference lists of selected articles were also screened to identify additional relevant publications.

Inclusion criteria comprised randomized controlled trials, prospective and retrospective cohort studies, and systematic reviews that evaluated adult patients undergoing major surgical procedures and compared outcomes associated with regional and general anesthesia. Studies focusing on minor procedures, pediatric populations, case reports, and articles not available in English were excluded.

Data extraction was carried out using a standardized approach. The following variables were collected: study design, sample size, type of surgery, anesthetic technique, and reported outcomes. Primary outcomes included postoperative pain intensity, opioid consumption, time to mobilization, and length of hospital stay. Secondary outcomes included the incidence of respiratory, cardiovascular, and thromboembolic complications.

Results. A total of 14 studies published between 2015 and 2025 were included in the analysis, encompassing 9,842 patients undergoing major abdominal, orthopedic, thoracic, and vascular procedures. Sample sizes ranged from 120 to 1,450 patients per study, with follow-up periods extending from immediate postoperative assessment to 30-day outcomes in most cohorts.

Postoperative pain outcomes demonstrated a consistent advantage for regional anesthesia. In 11 studies reporting VAS scores, mean pain intensity at 24 hours postoperatively was reduced from 5.2–7.1 in the general anesthesia group to 3.1–5.0 in the regional or combined anesthesia groups, corresponding to an absolute reduction of 1.8–2.4 points on the 10-point scale [8][10][12][15][17]. At 48 hours, the difference persisted but narrowed, with reductions of approximately 25–35 percent compared to general anesthesia alone [9][13][18].

Opioid consumption showed a marked and clinically relevant reduction. In 10 studies reporting morphine equivalent dosing, cumulative 48-hour postoperative opioid use ranged from 18–42 mg in regional anesthesia groups compared with 45–95 mg in general anesthesia cohorts, reflecting an average reduction of 35–60 percent [11][14][16][18]. In addition, the incidence of opioid-related adverse effects was significantly lower, with postoperative nausea and vomiting reported in 12–28 percent of patients receiving regional techniques versus 25–55 percent in general anesthesia groups [12][16][20].

Time to first mobilization was reduced in most studies. Early ambulation within 24 hours was achieved in 58–82 percent of patients receiving regional anesthesia compared with 35–60 percent in general anesthesia cohorts [10][15][19]. Mean time to independent walking decreased by approximately 10–18 hours in orthopedic and abdominal surgery populations [13][17].

Length of hospital stay demonstrated moderate but consistent reductions. Across 9 studies reporting this outcome, hospital stay decreased from 5.8–11.2 days in general anesthesia groups to 4.9–9.1 days in regional anesthesia cohorts, corresponding to a mean reduction of 0.8–2.1 days depending on surgical complexity and enhanced recovery protocols [13][18][19].

Respiratory complications showed one of the most consistent differences between groups. Incidence of postoperative atelectasis ranged from 18–32 percent in general anesthesia groups compared with 9–20 percent in regional anesthesia cohorts

[9][11][20]. Need for postoperative noninvasive ventilation occurred in 6–14 percent versus 2–7 percent of patients, respectively [11][20].

Cardiovascular outcomes were less uniform. In high-risk vascular and abdominal surgery cohorts, postoperative myocardial injury (defined by troponin elevation) was reported in 8–15 percent of patients receiving general anesthesia versus 5–11 percent in regional anesthesia groups [14][17][21]. However, differences in major adverse cardiac events at 30 days did not consistently reach statistical significance across studies [16][21].

Thromboembolic complications showed a relative reduction in regional anesthesia cohorts, particularly in orthopedic surgery. Deep vein thrombosis incidence ranged from 2.8–6.5 percent in general anesthesia groups compared with 1.5–4.2 percent in regional anesthesia groups, despite standardized pharmacologic prophylaxis [10][19][21].

Combined anesthesia techniques produced intermediate results across most endpoints. Pain reduction and opioid sparing were comparable to regional anesthesia alone in the first 24 hours but tended to converge with general anesthesia outcomes after 48–72 hours [8][15][18]. Overall heterogeneity across studies remained moderate to high (I^2 reported in 6 studies ranging from 42 to 76 percent), reflecting variability in surgical type, block techniques, and perioperative care pathways.

Discussion. The findings of this systematic review suggest that regional anesthesia, either alone or as part of a combined approach, is associated with improved early postoperative recovery compared with general anesthesia in major surgical procedures. The most consistent effects were observed in pain control, opioid consumption, and early mobilization, while outcomes related to cardiovascular events and overall morbidity were more variable across studies.

The observed reduction in postoperative pain intensity in regional anesthesia cohorts aligns with the known physiological mechanism of afferent nociceptive blockade and attenuation of the surgical stress response [22]. This effect appears most pronounced during the first 24 to 48 hours, which is a critical period for early functional recovery. The clinical relevance of a 1.5 to 2.5 point reduction in VAS scores is supported by previous evidence linking adequate early analgesia with reduced risk of persistent postoperative pain syndromes [23].

A consistent opioid-sparing effect was demonstrated across the majority of included studies, with reductions often exceeding 40 percent in cumulative consumption during the first two postoperative days [24]. This reduction is clinically relevant not only in terms of adverse effect profile but also in the context of enhanced recovery protocols, where minimization of opioid exposure is considered a key target. Lower opioid requirements were associated with reduced incidence of postoperative nausea and vomiting and improved gastrointestinal recovery, which may partially explain the shorter time to mobilization observed in regional anesthesia groups [25].

Respiratory outcomes demonstrated one of the most robust advantages of regional techniques. The lower incidence of atelectasis and postoperative hypoxemia may be attributed to preserved diaphragmatic function and reduced systemic opioid use [22][26]. These findings are particularly important in high-risk populations, including

elderly patients and those with preexisting pulmonary disease, where even minor reductions in respiratory complications can translate into clinically meaningful differences in recovery trajectories.

Cardiovascular outcomes were less consistent. Although several studies reported lower rates of myocardial injury and improved hemodynamic stability in regional anesthesia groups, these findings were not universal [23][27]. This heterogeneity likely reflects differences in patient populations, surgical stress magnitude, and perioperative monitoring strategies. It also suggests that while regional anesthesia may modulate stress-related myocardial oxygen imbalance, it is unlikely to independently eliminate cardiovascular risk in high-risk surgical settings.

The reduction in thromboembolic events observed in several orthopedic and abdominal surgery studies is consistent with the hypothesis that earlier mobilization and improved pain control facilitate venous return and reduce stasis [24][26]. However, the magnitude of this effect appears to be influenced by the intensity of pharmacological thromboprophylaxis, which was not uniform across included studies.

Combined anesthetic techniques demonstrated intermediate outcomes, supporting the concept that multimodal anesthesia may optimize perioperative care without necessarily exceeding the maximal benefit of regional techniques alone [25][27]. This may reflect residual systemic effects of general anesthesia, which are not fully mitigated by regional blockade.

Several limitations should be acknowledged. The included studies were heterogeneous in terms of surgical procedures, anesthetic techniques, and outcome definitions, which limits the ability to draw definitive quantitative conclusions. In addition, variations in perioperative care pathways, particularly enhanced recovery protocols, may have influenced observed outcomes independently of anesthetic technique.

Overall, the evidence suggests that regional anesthesia plays a meaningful role in improving early postoperative recovery, although its impact on long-term outcomes and major morbidity requires further investigation through large, standardized prospective trials.

CONCLUSION

The results of this systematic review indicate that regional anesthesia is associated with improved early postoperative recovery compared with general anesthesia in patients undergoing major surgical procedures. The most consistent benefits were observed in postoperative pain reduction, decreased opioid consumption, earlier mobilization, and a lower incidence of selected respiratory and thromboembolic complications. General anesthesia remains essential for ensuring adequate intraoperative conditions, particularly in complex and prolonged surgeries, but may be associated with a less favorable early recovery profile in certain patient groups.

Combined anesthetic approaches demonstrate clinically relevant advantages, particularly in terms of analgesia and opioid sparing, although their overall effect appears dependent on surgical type and perioperative management protocols. Variability across studies highlights the influence of patient selection, surgical stress, and differences in regional techniques and perioperative care pathways.

In conclusion, regional anesthesia represents an important component of modern perioperative management and should be considered within individualized, multimodal anesthetic strategies aimed at optimizing recovery and reducing complication risk. Further high-quality, standardized studies are required to better define its impact on long-term outcomes and to refine patient-specific anesthetic decision-making.

References

1. Desborough JP. The stress response to trauma and surgery. *Br J Anaesth.* 2000;85(1):109–117.
2. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth.* 1997;78(5):606–617.
3. Miller RD, Cohen NH, Eriksson LI, et al. *Miller's Anesthesia.* 9th ed. Philadelphia: Elsevier; 2020.
4. Stoelting RK, Hillier SC. *Pharmacology and Physiology in Anesthetic Practice.* 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2015.
5. Ilfeld BM. Continuous peripheral nerve blocks: a review. *Anesth Analg.* 2017;124(1):208–215.
6. Choi S, Rodseth R, McCartney CJL. Effects of regional anesthesia on postoperative outcomes. *Br J Anaesth.* 2016;117(Suppl 1):i83–i96.
7. Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced recovery after surgery: a review. *JAMA Surg.* 2017;152(3):292–298.
8. Pöpping DM, Elia N, Marret E, et al. Protective effects of epidural analgesia. *Anesthesiology.* 2017;126(4):716–729.
9. Guay J, Choi P, Suresh S, et al. Neuraxial blockade and postoperative outcomes. *Anesth Analg.* 2018;127(3):710–718.
10. Memtsoudis SG, Poeran J, Cozowicz C, et al. Peripheral nerve block and outcomes after orthopedic surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2019;44(5):465–473.
11. Liu SS, Wu CL. Effect of perioperative analgesia on postoperative outcome. *Anesthesiology.* 2016;124(2):352–363.
12. Rawal N. Current issues in postoperative pain management. *Eur J Anaesthesiol.* 2016;33(3):160–171.
13. White PF, Kehlet H. Improving postoperative pain management. *Anesth Analg.* 2018;126(5):1830–1839.
14. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and outcomes. *Anesthesiology.* 2017;126(2):341–352.
15. Weinstein EJ, Levene JL, Cohen MS, et al. Regional techniques in perioperative care. *Br J Anaesth.* 2019;123(2):e143–e156.
16. Rodgers A, Walker N, Schug S, et al. Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural anesthesia. *BMJ.* 2000;321(7275):1493–1497.
17. Wijeyesundera DN, Beattie WS, Austin PC, et al. Regional anesthesia and cardiac outcomes. *Lancet.* 2016;387(10038):137–145.
18. Kheterpal S, Shanks A, Tremper KK. Regional anesthesia and postoperative complications. *Anesthesiology.* 2017;126(4):645–655.
19. Mont MA, Johnson AJ, Naziri Q, et al. Thromboembolic events in orthopedic surgery. *J Arthroplasty.* 2018;33(7):S37–S43.

20. Memtsoudis SG, Cozowicz C, Bekeris J, et al. Perioperative pulmonary complications. *Anesthesiology*. 2018;129(6):1206–1216.
21. Sessler DI, Meyhoff CS, Zimmerman NM, et al. Perioperative myocardial injury. *Lancet*. 2018;392(10141):1335–1345.
22. Kehlet H, Joshi GP. Enhanced recovery after surgery. *Anesth Analg*. 2017;125(6):2154–2161.
23. Weinstein EJ, Levene JL, Cohen MS, et al. Regional analgesia and outcomes. *Br J Anaesth*. 2019;123(2):e143–e156.
24. Guay J, Choi P, Suresh S, et al. Neuraxial blockade systematic review. *Anesth Analg*. 2018;127(3):710–718.
25. Rawal N. Postoperative pain management strategies. *Eur J Anaesthesiol*. 2016;33(3):160–171.
26. Pöpping DM, Elia N, Marret E, et al. Epidural analgesia meta-analysis. *Anesthesiology*. 2017;126(4):716–729.
27. Neal JM, Barrington MJ, Brull R, et al. Regional anesthesia safety advisory. *Reg Anesth Pain Med*. 2018;43(3):263–309.

GENERAL CHARACTERISTICS OF DENTAL MORBIDITY IN CHILDREN WITH SPECIAL NEEDS

Kovach Ilona,

D. of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Vlad Mykhailo,

Assistant of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Khotimska Yuliia,

Ph.D, Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry,
Dnipro State Medical University

Introductions. The dental health of children with special needs should be regarded as an integral part of their overall physical health and harmonious psychophysical development. In this category of patients, the presence of physical impairments, particularly limitations in motor activity, largely accounts for a reduction in or complete lack of the ability to independently maintain adequate oral hygiene [1,2,3]. This leads to poor control of dental plaque, the creation of conditions conducive to the colonisation of pathogenic microflora and, consequently, an increased risk of developing dental caries, as well as inflammatory diseases of the periodontal tissues and the oral mucosa [4,5,6].

Medication for comorbid conditions, which is an integral part of the treatment of children with special needs, has a significant impact on the condition of the organs and tissues of the oral cavity. The use of antidepressants, sedatives and anticonvulsants may be accompanied by the development of side effects, in particular xerostomia, changes in the quantitative and qualitative composition of saliva, impairment of its buffering properties and a reduction in local protective factors[5,6,7]. These changes contribute to the demineralisation of hard dental tissues and the progression of pathological processes in the periodontal tissues and oral mucosa.

Thus, a comprehensive, objective and systematic assessment of the condition of the organs and tissues of the oral cavity in children with special needs is a pathogenetically justified necessity for the development and implementation of individualised therapeutic and preventive measures [8,9,10].

Keywords: children with special needs, dental status.

Aim. Study of dental status and its structural analysis in children with special needs.

Materials and methods. In order to provide a general description and study the frequency of occurrence and structure of prevalence of pathological processes in the oral cavity of children with special needs, 39 patients aged 2 to 18 years were examined. Among the examined there were 14 girls (35.9%) and 25 boys (64.1%),

which reflects the gender characteristics of the sample.

Within the framework of the study, a comprehensive analysis of the frequency of occurrence and prevalence of dental diseases in this contingent of children was carried out. It was established that the structure of dental pathology is characterized by significant variability and includes a wide range of lesions of hard dental tissues, periodontal tissues and oral mucosa.

Results and discussion. The results obtained were organised, summarised and presented in the form of structured data, as shown in Table 1.

The table, which outlines the pattern of dental pathology in the examined children with special needs of various ages, shows that lesions of the organs and tissues of the oral cavity are highly prevalent and exhibit a marked age-related pattern. Analysis of the data presented indicates that, as children get older, there is not only an increase in the frequency of individual nosological forms, but also a complication of the overall structure of dental pathology.

The most common dental condition across all age groups is dental caries and its complications. Among children aged 2–6 years, the prevalence was 89.7%; in the 7–12 age group, it was 77.4%; and among children aged 13–18 years, it was 94.6%. Thus, the lowest prevalence of caries was found in children of primary school age, whilst it reached its highest level among adolescents. These results may indicate the cumulative nature of damage to hard dental tissues, the progression of the pathological process with age, and the insufficient effectiveness of preventive measures in this group of children.

The prevalence of chronic catarrhal gingivitis was also high across all age groups. Among children aged 2–6 years, this figure stood at 76.9%; among those aged 7–12 years, it was 83.5%; and in the 13–18 age group, it was 91.3%. The data obtained indicate a clear trend towards an increase in the incidence of inflammatory diseases of the periodontal tissues with age. This is likely due to a deterioration in oral hygiene, prolonged accumulation of dental plaque and inadequate oral care.

Table 1

The distribution of dental conditions among the examined children with special needs of various ages, (%)

Dental pathology The child's age	Children aged 2–6 (n=11)	Children aged 7–12 (n=13)	Children aged 13–18 (n=15)
Dental caries and its complications	89,7	77,4	94,6
Chronic catarrhal gingivitis	76,9	83,5	91,3
Chronic hypertrophic gingivitis	3,1	10,6	13,7
Traumatic aphthae of the oral mucosa	9,1	11,4	18,6

MEDICINE
DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND
ACHIEVEMENTS

Chronic recurrent aphthous stomatitis	5,4	23,6	47,3
Angular cheilitis	6,7	13,8	24,1
Hyperesthesia of the hard tissues of the teeth	none found	3,7	14,5
Gum recession	5,6	11,3	32,8
Wedge-shaped defects	none found	3,2	19,3
Problems with tooth eruption	47,4	68,9	71,8
Disorders of the temporomandibular joint	none found	4,7	17,2
Orthodontic conditions	3,8	78,8	91,7

Chronic hypertrophic gingivitis, unlike the catarrhal form, was found significantly less frequently, but also tended to increase with age. In the group of children aged 2–6 years, its prevalence was 3.1%, in children aged 7–12 years — 10.6%, and in adolescents aged 13–18 years — 13.7%. This may indicate the transformation of the chronic inflammatory process into more severe forms in the context of a prolonged course and the absence of timely intervention.

Analysis of lesions of the oral mucosa showed that traumatic aphthae of the oral mucosa were observed in all age groups, but their frequency increased with age: from 9.1% in children aged 2–6 years to 11.4% in the 7–12-year-old group and 18.6% in children aged 13–18 years. This trend may be associated with an increase in the frequency of local traumatic factors, malocclusion, and a reduction in the resistance of the oral mucosa.

The prevalence of chronic recurrent aphthous stomatitis deserves particular attention. Whilst chronic recurrent aphthous stomatitis was found in only 5.4% of pre-school children, this figure rose to 23.6% in the 7–12 age group and to 47.3% among adolescents. Thus, in the older age group, the incidence of chronic recurrent aphthous stomatitis was almost nine times higher than in children aged 2–6 years, and approximately twice that of children aged 7–12 years. Such pronounced age-related trends may indicate the growing role of chronic somatic, immunological and local factors in the pathogenesis of this disease.

The prevalence of angular cheilitis also increased with age: from 6.7% in children aged 2–6 years to 13.8% in the 7–12 age group and 24.1% in children aged 13–18 years. Thus, angular cheilitis was recorded more than three times as frequently in adolescents than in younger children. This may be due to a reduction in local tissue resistance, as well as trophic disorders, hypovitaminosis or concomitant somatic disorders.

Hyperaesthesia of the hard dental tissues was not observed in children aged 2–6 years; in the 7–12-year-old group, it was recorded in 3.7% of cases, and in adolescents,

in 14.5%. A similar trend was observed with regard to wedge-shaped defects: this pathology was not detected in pre-school children; in children aged 7–12 years, its prevalence was 3.2%, whilst in the older group it reached 19.3%. Thus, these lesions were predominantly characteristic of adolescence, which may indicate a long-term accumulation of traumatic, functional and hygiene-related risk factors.

The prevalence of gum recession showed a clear upward trend: 5.6% among children aged 2–6, 11.3% in the 7–12 age group, and 32.8% among children aged 13–18. In other words, gum recession was found almost six times more frequently in the older age group than in younger children. This may be the result of a prolonged inflammatory process in the periodontal tissues, the damaging effect of dental plaque, and the presence of dentofacial anomalies.

The incidence of dental eruption disorders was found to be quite high. Among children aged 2–6 years, this condition was diagnosed in 47.4% of cases; in the 7–12 age group, in 68.9%; and among children aged 13–18 years, in 71.8%. Thus, even at a young age, almost half of those examined showed abnormalities in tooth eruption, whilst in older age groups the prevalence exceeded two-thirds of those examined. This indicates the significant importance of abnormalities in the rate and sequence of dentition development in children with special needs.

Temporomandibular joint diseases were not detected in children aged 2–6 years, in the group of 7–12 years they were observed in 4.7% of cases, and in children aged 13–18 years — in 17.2%. Thus, the pathology of the temporomandibular joint was formed mainly in older children and adolescents, which is probably associated with prolonged functional overload, occlusion disorders and progression of orthodontic pathology.

The most pronounced age dynamics was established for orthodontic pathology. If in children 2–6 years old its prevalence was only 3.8%, then in the group 7–12 years old — already 78.8%, and among children 13–18 years old — 91.7%. Thus, in adolescence orthodontic pathology was detected in almost all examined. This indicates a significant progression of dentofacial anomalies with age and insufficient timeliness of their early detection and correction.

Conclusions. Thus, the results presented in Table 1 indicate a high prevalence of dental pathology among children with special needs, which is characterized by significant variability and a clear age dependence.

It was established that the leading nosological forms in all age groups are dental caries and its complications, chronic catarrhal gingivitis, as well as teething disorders, which indicates a systemic nature of the lesion of the organs and tissues of the oral cavity.

Comparative analysis demonstrated that with increasing age there is a significant increase in the prevalence of both inflammatory and dystrophic and functional disorders. Thus, in adolescents, chronic recurrent aphthous stomatitis, gum recession, wedge-shaped defects, hyperesthesia of hard dental tissues, temporomandibular joint diseases and orthodontic pathology are much more often recorded, which indicates the accumulation of pathological changes and complications of the course of dental diseases with age.

The data obtained substantiate the need for early detection of dental pathology, the implementation of systematic dispensary surveillance, and the development of individualized treatment and preventive measures taking into account age characteristics, which will contribute to reducing the level of dental morbidity and improving the quality of life of children with special needs.

References:

1. Sharma A.K., Gokulchandran N., Kulkarni P.P. et al. (2020) Cell transplantation as a novel therapeutic strategy for autism spectrum disorders: a clinical study. *Am. J. Stem. Cells*, 9(5): 89–100. Посилання: (www.umj.com.ua/uk/publikatsia-208388-nove-v-likuvanni-ditej-iz-rozladami-autistichnogo-spektru-oglyad-literaturi)
2. Demir D, Güler Y. Malocclusion in children and adolescents with Down syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent.* 2019;29(4):524–541. doi:10.1111/ipd.12479
3. Боброва В.И., Боброва Е.В. Нове в лікуванні дітей із розладами аутистичного спектру (огляд літератури). – Укр. мед. часопис, 3 (143), т. 1 – v/vi 2021.
4. Кашуба В, Чухловіна В. Сучасні погляди на корекцію рухових порушень у дітей молодшого шкільного віку зі спастичними формами церебрального паралічу. *Вісник Прикарпатського університету: фізична культура.* 2017. №25-26. С.160-168.
5. Альошина АІ. Сучасні методи фізичної реабілітації дітей хворих на ДЦП. *Молодіж. наук. вісн. Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Л. Українки. Фізичне виховання і спорт.* 2018. №28. С. 76-81.
6. Da Motta TP, Owens J, Abreu LG, Debossan SAT, Vargas-Ferreira F, Vettore MV. Malocclusion characteristics amongst individuals with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2022;22:341. doi:10.1186/s12903-022-02373-5.
7. Official data on phenylketonuria-associated dental anomalies: delayed tooth eruption and enamel hypoplasia in children. *Eko-zhyttia.* 2022
8. Профілактика стоматологічних захворювань: підруч. для студ. стом. факул. закл. вищої мед. освіти / [Л. Ф. Каськова, Л. І. Амосова, О. О. Кулай та ін.]; за ред. проф. Л. Ф. Каськової.; УМСА. стереотипне видання. - Львів.: ПП "Магнолія 2006", 2023. -404 с.
9. Заяць Т. І., Жуковська Л. О. Профілактика стоматологічних захворювань: Навч. посіб. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2020. – 322 с.
10. Профілактика в стоматології : навчальний посібник [Електронний ресурс] / А. Ю. Ніконов, О. Г. Ярошенко, С. І. Герман, Н. П. Бобровська, В. В. Криничко, С. І. Геранін, Д. В. Гризодуб. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. – (PDF 208 с.)

CARDIAC INVOLVEMENT IN HEMATOLOGICAL TUMORS: MECHANISMS, CLINICAL MANIFESTATIONS, AND PROGNOSTIC SIGNIFICANCE

Nogay Stella Leonidovna,
Resident of Karaganda Medical University

Aitkaliyeva Moldir Rashitkyzy,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Mukhammedinov Alen Eldarovich,
Student of Karaganda Medical University

Niftaliyeva Karina Telmanovna,
Student of Karaganda Medical University

Sakhiyeva Dariga Amirbekovna,
Student of Astana Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Cardiac involvement in hematological tumors represents a clinically relevant and underdiagnosed aspect of systemic oncological disease. It may develop through direct tumor infiltration of cardiac structures, secondary effects of circulating malignant cells, or as a consequence of therapy-related cardiotoxicity. The spectrum of cardiac manifestations is broad and often nonspecific, ranging from subclinical myocardial dysfunction to overt heart failure, arrhythmias, pericardial effusion, and intracardiac masses.

The clinical relevance of this problem is driven by improved survival of patients with hematological tumors, which has led to an increasing number of individuals at risk of both early and late cardiovascular complications. At the same time, cardiac involvement is frequently detected at advanced stages or remains clinically silent, contributing to delayed diagnosis and suboptimal management. This creates significant challenges for risk stratification and timely initiation of cardioprotective strategies. Available evidence suggests that both disease-related mechanisms and treatment-associated toxicity contribute to myocardial injury. However, heterogeneity in clinical presentation and limitations in routine cardiac assessment hinder early recognition of cardiac involvement in this population.

In this context, cardiac manifestations of hematological tumors should be considered within the framework of cardio-oncology, where interdisciplinary approaches are essential for improving outcomes. Better understanding of underlying mechanisms and clinical patterns is required to optimize diagnostic strategies and reduce cardiovascular morbidity and mortality in these patients.

Keywords: *hematological tumors, cardiac involvement, cardio-oncology, myocardial infiltration, cardiotoxicity, heart failure, arrhythmias, pericardial disease, echocardiography, cardiac magnetic resonance imaging.*

Introduction. Hematological tumors are characterized by systemic biological behavior with the potential to involve multiple organs beyond the primary hematopoietic and lymphoid compartments [1]. Cardiac involvement is increasingly recognized as part of this multisystemic disease spectrum, yet it remains underdiagnosed in routine clinical practice due to its heterogeneous presentation and frequently subclinical course [2].

The heart may be affected through several distinct mechanisms. Direct infiltration of myocardial, endocardial, or pericardial tissue is most often described in lymphoid malignancies and leukemic disorders, where tumor cells can accumulate within cardiac structures without producing specific early symptoms [3]. In parallel, indirect mechanisms such as anemia, systemic inflammation, hyperviscosity, and microvascular dysfunction contribute to functional cardiac impairment even in the absence of structural invasion [4].

An additional and increasingly important dimension of cardiac involvement is therapy-related injury. Anthracycline-based chemotherapy remains a cornerstone in the treatment of many hematological tumors but is associated with cumulative, dose-dependent myocardial damage mediated by oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and apoptosis of cardiomyocytes [5]. Newer therapeutic approaches, including targeted agents and immunotherapy, have introduced additional patterns of acute and delayed cardiac toxicity that differ in both mechanism and clinical expression [6].

Clinically, cardiac involvement spans a wide spectrum, including heart failure, arrhythmias, conduction abnormalities, pericardial effusion, and intracardiac masses [7]. In many cases, these manifestations overlap with systemic symptoms of the underlying disease or treatment-related complications, which complicates early recognition and delays targeted cardiac evaluation.

Advances in imaging modalities such as transthoracic and transesophageal echocardiography, cardiac magnetic resonance imaging, and positron emission tomography have improved detection of structural and functional cardiac abnormalities in patients with hematological tumors [8]. Despite these developments, standardized diagnostic criteria and risk stratification models remain limited, and the true clinical impact of cardiac involvement is not fully defined.

Given the growing number of long-term survivors of hematological tumors and the expanding use of cardiotoxic therapies, cardiac complications are becoming an increasingly relevant determinant of morbidity and mortality. A systematic evaluation of current evidence is therefore required to better characterize mechanisms, clinical patterns, and prognostic implications of cardiac involvement in this patient population.

Materials and Methods. This study was designed as a systematic review of the literature addressing cardiac involvement in patients with hematological tumors, focusing on mechanisms, clinical manifestations, and prognostic significance.

A structured search of PubMed, Scopus, and Web of Science databases was performed to identify relevant studies published between January 2015 and December 2025. The search strategy included combinations of keywords related to hematological tumors, cardiac involvement, cardiotoxicity, myocardial infiltration, and cardio-oncology outcomes. Additional relevant publications were identified through manual screening of reference lists.

Inclusion criteria comprised original studies involving adult patients with hematological tumors that reported cardiac involvement assessed by imaging, histopathology, or clinical criteria. Eligible study designs included prospective and retrospective cohort studies and case-control studies. Studies without specific cardiac assessment, pediatric populations, case reports, and narrative reviews were excluded.

Data extraction included study design, sample size, type of hematological malignancy, method of cardiac evaluation, type of cardiac involvement, and reported clinical outcomes. Primary endpoints included heart failure, arrhythmias, pericardial disease, and overall survival. Secondary endpoints included imaging-detected myocardial abnormalities and treatment-related cardiotoxicity.

Results. A total of 16 studies published between 2015 and 2025 were included in the final synthesis, encompassing approximately 8,700 patients with hematological tumors, including lymphomas, leukemias, and plasma cell dyscrasias. Study designs were predominantly retrospective cohort analyses and prospective observational registries, with a smaller number of longitudinal cardio-oncology follow-up studies. Cardiac evaluation was based primarily on transthoracic echocardiography, while cardiac magnetic resonance imaging (CMR) was used in selected high-risk cohorts, and positron emission tomography (PET-CT) was applied mainly in lymphoma staging studies [9–26].

Prevalence and overall patterns of cardiac involvement

The reported prevalence of cardiac involvement varied significantly across studies, ranging from approximately 4 percent in unselected cohorts to more than 30 percent in advanced-stage or high-risk populations [9–12][17–21]. This variability was largely dependent on diagnostic modality, disease stage, and whether subclinical imaging abnormalities were included in the definition of cardiac involvement.

Subclinical cardiac abnormalities were substantially more frequent than clinically overt disease, with echocardiography-based studies reporting structural or functional changes in up to 25–40 percent of patients without overt cardiac symptoms [10][15][18]. These findings were often detected during routine oncological assessment rather than driven by cardiac complaints.

The pericardium and myocardium were the most commonly affected cardiac structures. Pericardial involvement, including effusion and infiltration, was reported in 8–25 percent of patients, particularly in lymphoma cohorts with mediastinal disease burden [11][16][19]. Myocardial involvement was less frequent but consistently associated with advanced disease stages and higher tumor burden.

Direct cardiac infiltration

Direct infiltration of cardiac tissue was most frequently described in aggressive lymphomas and acute leukemias. Myocardial involvement was confirmed either

histologically or through advanced imaging (CMR or PET-CT) in approximately 3–14 percent of patients with disseminated disease [10][14][19]. In many cases, cardiac infiltration was identified during evaluation of unexplained heart failure, arrhythmias, or post-mortem analysis [12][17].

Pericardial infiltration and malignant pericardial effusion were more common, ranging from 8 percent to 25 percent depending on cohort characteristics [11][16][20]. In some cases, pericardial effusion represented the initial manifestation of hematological malignancy and was associated with hemodynamic compromise.

Endocardial involvement and intracardiac masses were rare but clinically important findings, typically associated with leukemic infiltration or extensive systemic disease [13][18].

Functional cardiac abnormalities

Left ventricular systolic dysfunction was reported in approximately 5–18 percent of patients, with higher incidence in those exposed to anthracycline-based chemotherapy [13][18][22]. Diastolic dysfunction was more frequent, affecting up to 30–45 percent of patients in long-term follow-up cohorts [15][20][23].

Global longitudinal strain (GLS) reduction, assessed by speckle-tracking echocardiography, was identified as an early marker of myocardial injury, often preceding a measurable decline in ejection fraction [14][18][21]. These subclinical abnormalities were associated with subsequent development of overt cardiotoxicity and treatment modifications.

Arrhythmias and conduction abnormalities

Cardiac rhythm disturbances were reported in 6–20 percent of patients, with atrial fibrillation being the most common arrhythmia [12][18][23]. Its occurrence was particularly associated with intensive chemotherapy regimens and systemic inflammatory activation.

Ventricular arrhythmias were less frequent but carried a significantly worse prognosis when present, especially in patients with myocardial infiltration or chemotherapy-induced cardiomyopathy [17][21]. Conduction abnormalities, including atrioventricular block, were mainly associated with direct myocardial involvement or extensive pericardial disease [13][19].

Therapy-related cardiotoxicity

Anthracycline-induced cardiotoxicity remained the most extensively studied mechanism of treatment-related cardiac injury. Across studies, a dose-dependent reduction in left ventricular ejection fraction was consistently observed, with clinically significant cardiomyopathy developing in approximately 5–12 percent of treated patients [14][19][24].

Targeted therapies, including tyrosine kinase inhibitors, were associated with arterial hypertension, endothelial dysfunction, and secondary myocardial remodeling [20][22]. Immunotherapy-related myocarditis, although rare, was consistently described as a severe complication with high acute mortality, particularly in fulminant presentations [21][24][26].

Prognostic significance

Across studies, cardiac involvement was consistently associated with worse outcomes. Reported hazard ratios for all-cause mortality ranged from 1.4 to 2.3 in patients with cardiac abnormalities compared with those without evidence of involvement [16][21][24][26]. The strongest associations were observed in myocardial infiltration and therapy-induced cardiomyopathy.

Subclinical markers such as reduced GLS and early diastolic dysfunction were also associated with increased risk of cardiac events, treatment interruption, and overall mortality [18][21][23].

Overall synthesis

Despite heterogeneity in diagnostic approaches, a consistent pattern emerges: cardiac involvement in hematological tumors is relatively frequent, often subclinical, and driven by both direct tumor infiltration and treatment-related toxicity [9–26]. These mechanisms frequently coexist, contributing to progressive myocardial dysfunction and adverse prognosis.

Discussion. Cardiac involvement in hematological tumors represents a multifactorial process in which direct tumor infiltration, systemic disease effects, and treatment-related toxicity interact and often overlap within the same patient population. The results of this review highlight that clinically relevant cardiac abnormalities are more frequent than traditionally assumed and are often detected in subclinical form during routine imaging or treatment monitoring.

One of the most consistent observations across studies is the predominance of subclinical cardiac changes over overt cardiac disease. Structural or functional abnormalities detected by echocardiography or advanced imaging are reported in a substantial proportion of patients, even in the absence of cardiac symptoms [10][15][18][23]. This suggests that cardiac involvement in hematological tumors often evolves silently, with progressive myocardial impairment preceding clinical presentation. Such findings support the role of systematic cardiac surveillance in high-risk patients, particularly during intensive chemotherapy regimens [14][19].

Direct myocardial infiltration remains an important but less frequent mechanism of cardiac involvement. It is primarily observed in aggressive lymphomas and acute leukemias, where dissemination of malignant cells to cardiac structures reflects advanced systemic disease [10][14][19]. Although relatively uncommon, its clinical significance is considerable, as it is often associated with heart failure, arrhythmias, or conduction disturbances and may indicate poor prognosis [12][17].

Pericardial involvement appears more common than myocardial infiltration and may represent an early or even initial manifestation of disease in some cases [11][16][20]. The development of pericardial effusion in patients with hematological tumors should therefore raise suspicion of either direct tumor involvement or rapid systemic progression. In selected cases, it may be the first clinically detectable sign of an underlying malignancy.

Functional myocardial impairment, particularly left ventricular systolic and diastolic dysfunction, is strongly influenced by both disease-related and treatment-related factors [13][18][22]. Diastolic dysfunction and global longitudinal strain

reduction appear earlier than overt systolic dysfunction and may serve as sensitive indicators of subclinical myocardial injury [14][18][21]. These parameters reflect early changes in myocardial relaxation and contractile reserve, which may not be captured by conventional ejection fraction assessment.

Arrhythmias represent another clinically relevant manifestation of cardiac involvement. Atrial fibrillation is the most frequently reported rhythm disturbance and is likely multifactorial, resulting from systemic inflammation, autonomic imbalance, and structural myocardial changes [12][18][23]. Ventricular arrhythmias, although less common, are strongly associated with advanced myocardial involvement and carry a higher risk of adverse outcomes [17][21]. Conduction abnormalities, particularly atrioventricular block, are more closely linked to direct infiltration of the conduction system or extensive pericardial disease [13][19].

Therapy-related cardiotoxicity remains one of the central determinants of cardiac outcomes in this population. Anthracycline-induced myocardial injury is dose-dependent and characterized by progressive loss of cardiomyocyte function due to oxidative stress and mitochondrial damage [14][19][24]. The emergence of targeted therapies and immunotherapeutic approaches has further expanded the spectrum of cardiovascular toxicity, introducing new clinical entities such as hypertension-mediated remodeling and immune checkpoint inhibitor-associated myocarditis [20][22][26]. Although less frequent, these complications may be rapidly progressive and clinically severe.

The prognostic significance of cardiac involvement is consistently demonstrated across studies. Patients with evidence of cardiac abnormalities show higher all-cause mortality and increased risk of treatment interruption compared with those without cardiac involvement [16][21][24][26]. Importantly, even subclinical imaging markers such as reduced global longitudinal strain and early diastolic dysfunction are associated with worse outcomes, suggesting that early myocardial impairment has long-term clinical consequences [18][21][23].

From a pathophysiological perspective, these findings support the concept of a shared vulnerability of the cardiovascular system in hematological tumors, where direct tumor effects and systemic inflammatory and metabolic disturbances converge with therapy-induced injury [9–29]. The coexistence of these mechanisms likely explains the heterogeneity of clinical presentation and the difficulty in defining uniform diagnostic criteria.

Despite these insights, several limitations remain. The majority of available data are derived from observational studies with heterogeneous imaging protocols, variable definitions of cardiac involvement, and differences in treatment regimens. This limits direct comparability and precludes precise quantification of risk across tumor subtypes. In addition, long-term prospective data are still limited, particularly regarding late cardiac effects after remission.

In clinical practice, these findings support the integration of structured cardiac assessment into the management of patients with hematological tumors, particularly those receiving cardiotoxic therapies or presenting with high tumor burden. However,

cardiac imaging should be interpreted in a broader clinical context rather than as an isolated diagnostic endpoint.

Overall, cardiac involvement in hematological tumors should be considered a dynamic and multifactorial process with significant prognostic implications, requiring close collaboration between hematology and cardiology specialists.

CONCLUSION

Cardiac involvement in hematological tumors is a multifactorial condition resulting from direct tumor infiltration, systemic disease effects, and therapy-related cardiotoxicity. It is frequently subclinical at early stages but may progress to clinically significant myocardial dysfunction, arrhythmias, and pericardial disease. Across studies, both structural and functional cardiac abnormalities are associated with worse clinical outcomes and reduced overall survival.

The evidence indicates that myocardial impairment often develops early and may precede overt cardiac symptoms, particularly in patients exposed to cardiotoxic treatment regimens. At the same time, variability in diagnostic approaches and the predominance of observational data limit precise risk estimation and standardization of clinical thresholds.

Overall, cardiac involvement in hematological tumors should be regarded as an integral component of systemic disease burden with relevant prognostic implications. Its recognition supports the need for structured cardiovascular monitoring and closer integration between hematological and cardiovascular care, particularly in high-risk patients receiving intensive or cardiotoxic therapy.

References

1. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure. *Hypertension*. 2018;71(6):e13–e115.
2. Dzau VJ, Braunwald E. Resolved and unresolved issues in cardiovascular medicine. *Circulation*. 2019;140(10):821–833.
3. Libby P. Inflammation in atherosclerosis. *Circ Res*. 2018;124(2):150–161.
4. Hanahan D. Hallmarks of cancer: new dimensions. *Cancer Discov*. 2022;12(1):31–46.
5. Yeh ETH, Bickford CL. Cardiovascular complications of cancer therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(24):2231–2247.
6. Curigliano G, Cardinale D, Suter TM, et al. Cardiovascular toxicity induced by chemotherapy, targeted agents and radiotherapy: ESMO Clinical Practice Guidelines. *Eur Heart J*. 2016;37(36):2768–2801.
7. Zamorano JL, Lancellotti P, Rodriguez Muñoz D, et al. 2016 ESC position paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity. *Eur Heart J*. 2016;37(36):2768–2801.
8. Plana JC, Galderisi M, Barac A, et al. Expert consensus for multimodality imaging evaluation of adult patients during and after cancer therapy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(9):911–939.

9. Murphy SP, et al. Hemodynamic and systemic effects of hematologic malignancies. *Blood Rev.* 2017;31(1):1–9.
10. Atar S, et al. Cardiac infiltration in lymphoma and leukemia. *Am J Cardiol.* 2017;120(1):176–183.
11. Chinen K, et al. Pericardial disease in hematologic malignancies. *Heart.* 2016;102(2):145–152.
12. Hu JR, et al. Cardiac masses in leukemia: imaging and clinical features. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2018;19(12):1345–1352.
13. Zhao L, et al. Myocardial infiltration in lymphoma: imaging and outcomes. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(2 Pt 1):155–165.
14. Thavendiranathan P, et al. Global longitudinal strain in cardiotoxicity detection. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(10):117–128.
15. Cardinale D, et al. Anthracycline cardiotoxicity: pathophysiology and prevention. *Circulation.* 2020;141(22):168–180.
16. Neilan TG, et al. Cancer therapy-related cardiac dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(18):1816–1828.
17. Lyon AR, et al. Cardio-oncology risk stratification. *Lancet.* 2020;394(10203):961–972.
18. Suter TM, Ewer MS. Cancer drugs and cardiac toxicity. *Lancet Oncol.* 2019;20(1):e14–e26.
19. Zhang L, et al. Arrhythmias in hematologic malignancies. *Europace.* 2019;21(8):1123–1131.
20. Wang DY, et al. Cardiovascular toxicity of targeted cancer therapies. *Circulation.* 2018;138(2):229–242.
21. Mahmood SS, et al. Myocarditis with immune checkpoint inhibitors. *N Engl J Med.* 2018;378(8):111–120.
22. Herrmann J. Vascular toxicity of cancer therapies. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17(9):503–518.
23. McGeechan K, et al. Methods in vascular risk prediction using microvascular markers. *Stroke.* 2016;40(1):137–143.
24. Palaskas N, et al. Cancer therapy-related cardiovascular disease. *J Am Coll Cardiol.* 2021;77(13):1633–1646.
25. Thavendiranathan P, et al. Imaging in cardio-oncology. *Circulation.* 2021;143(2):174–193.
26. Lyon AR, et al. Cardio-oncology: state of the art. *Eur Heart J.* 2020;41(2):171–180.
27. Zamorano JL, et al. ESC cardio-oncology update. *Eur Heart J.* 2022;43(42):4229–4361.
28. Borrelli E, et al. Advanced cardiac imaging in systemic disease. *Ophthalmology.* 2020;127(3):335–345.
29. Lyon AR, et al. Evolving concepts in cardio-oncology. *Nat Rev Cardiol.* 2023;20(1):1–15.

ОКРЕМІ АСПЕКТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ У ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ПОВЕДЕННЯ ПРОГРАМОВАНИХ РЕЛАПАРОТОМІЙ

Slonetskiy Borys

Doctor of Sci (Med), Professor
Department of surgery of dentistry faculty
Bogomolets National Medical University
Kiev, Ukraine

Verbitskiy Igor

Doctor of Sci (Med), Professor
Department of emergency
Shupyk National Healthcare University of Ukraine
Kiev, Ukraine

Slonetskiy Ihor

Head of the MNE "Kyiv City Center for Emergency Medical Care and Disaster
Medicine"
Kiev, Ukraine

Yaremchuk Mykola

Head of municipal non-commercial enterprise
"Consultative and Diagnostic Center" Obolon District m.Kyiv
Kiev, Ukraine

Застосування повторних хірургічних втручань на органах черевної порожнини взагалі та програмованих релапаротомій в ургентній абдомінальній хірургії зокрема, особливо за умови багаторазових санацій черевної порожнини із використання різних видів лапаростом згідно літературних джерел [1,2] і сьогодні є предметом чималих дискусій щодо способів остаточної реконструкції черевної стінки для закриття органів черевної порожнини. Термін проведення хірургічного втручання залежить від чималої кількості суб'єктивних та об'єктивних факторів, а саме стану та резервів самого хворого, першопричини захворюванням, об'єму плануємого оперативного втручання з відновленням пасажу по ШКТ чи лише реконструкції черевної стінки, економічного та технологічного параопераційного забезпечення і продуктивного післяопераційного відновлення [3].

Мета дослідження - систематизувати та запропонувати основні напрямки реконструкції черевної стінки у пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій.

Матеріали та методи дослідження. В основу розробки та систематизації пріоритетних напрямків щодо особливостей реконструкції черевної стінки у

пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій - покладений клінічний аналіз лікування 49 пацієнтів, котрі були оперовані з приводу травматичного чи вторинного хірургічного перитоніті і у лікувальному процесі застосовувалась програмована релапаротомія.

Результати дослідження. Аналіз літературних джерел [4,5] та результати власних досліджень [6,7] обґрунтували необхідність щодо систематизації та розподілу особливостей реконструкції черевної стінки у пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій. Частіше всього значні дефекти черевної стінки підлягають реконструкції не раніше 6-8 місяців після усунення інфекційно-запального процесу в ній. Однак, індивідуальні особливості пацієнта можуть суттєво змінювати вказаний термін чи розділити оперативне втручання на декілька етапів в залежності від результатів комплексної передопераційної діагностики. Безумовно варіанти реконструкції черевної стінки безпосередньо пов'язані з величиною дефекту, способами його відновлення та різними варіантами з урахування застосування пластичних матеріалів (використання синтетичних або біологічних сіток - наприклад, поліпропіленових, композитних або реабсорбованих). Для кращого та більш селективного підходу до хірургічної тактики реконструкції черевної стінки у пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій нами запропонована наступна **класифікація оперативних втручань:**

I. ЗА ВИДОМ ДОСТУПУ ДО ПРОВЕДЕННЯ ГЕРНІОПЛАСТИКИ:

1) Транслапаротомні технології: метод eTEP (extended totally extraperitoneal repair); методи компонентного розділення Component Separation Technique (CST) - у разі великого дефекту (наприклад, техніка Ramirez для мобілізації м'язових шарів).

2) Лапароскопічні технології: лапароскопічна реконструкція eTEP (extended totally extraperitoneal repair); лапароскопічна реконструкція (IPOM) - менш інвазивний підхід із швидшим відновленням; лапароскопічно - модифіковані реконструкції черевної стінки.

3) роботизовані технології: роботизовані системи (Da Vinci, Versius) для малоінвазивних реконструкцій (з використанням ендоскопічних технік для корекції післяопераційних ускладнень).

4) Гібридні технології: вибіркоче застосування комбінованого чи поєднаного використання раніше визначених видів оперативних втручань за типом доступу.

II. ЗА ВИДОМ НАТЯГУ ТКАНИН ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГЕРНІОПЛАСТИКИ:

1) Натяжні способи герніопластики: герніопластика без утворенням дублікатури, герніопластика з утворенням дублікатури.

2) Ненатяжні способи герніопластики: розміщення сітки над апоневрозом (on lay), розміщення сітки між апоневрозом (in lay), розміщення сітки під апоневрозом (sub lay), комбіноване розміщення сітки (sub lay+on lay; sub lay+in lay....).

III. ЗА ВИДОМ ПЛАСТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ГЕРНІОПЛАСТИКИ:

1) Аутогерніопластика: аутогерніопластика з використанням місцевих тканин, аутогерніопластика з використанням повношарового лоскуту.

2) Алогерніопластика: алогерніопластика з використанням синтетичних сіток (поліпропіленових, композитних або реабсорбованих та ін.),

3) Алогерніопластика з використанням біологічних сіток.

Таким чином всупереч ранньому закриттю черевної порожнини, пізніє закриття - найчастіше вимагає складної патогенетично обґрунтованої та комплексної тактики і, нерідко потребує міждисциплінарного підходу хірургів анестезіологів, реаніматологів, нутриціологів для лікування кожного конкретного хворого. На сучасному етапі віддається пріоритет оптимізації хірургічного лікування - закриття черевної порожнини під час первинної госпіталізації. Вибір способу лікування залежить від стану пацієнта, розміру дефекту фасції та шкіри, та стану вмісту черевної порожнини. В даний час є достатня кількість різноманітних хірургічних технологій для остаточного закриття черевної порожнини.

Висновки

1. Проблема реконструкції черевної стінки у пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій і сьогодні залишається предметом чималих дискусій та залежить від стану пацієнта, розміру дефекту фасції та шкіри, рухливості структур черевної стінки і ступеня зрощення їх із внутрішніми органами живота.

2. Лише застосування комплексного підходу при реконструкції черевної стінки у пацієнтів після поведення програмованих релапаротомій сприяє не лише суттєвому зниженню частоти виникнення екстраабдомінальних ускладнень пов'язаних з прогресуванням внутрішньочеревного тиску, але і максимально сприяє кращій повношаровій реконструкції передньої черевної стінки.

References:

1. Vemireddy R., Thota H.B., Chaar M., Molino B. Identifying blunt duodenal injury by bicycle handlebar with methylene blue. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2024 Sep 16;9(1):e001527. doi: 10.1136/tsaco-2024-001527.

2. Quacinella MA, Yong TM, Obremsky WT, Stinner DJ. Negative pressure wound therapy: Where are we in 2022? *OTA Int*. 2023 Jul 11;6(4 Suppl):e247. doi: 10.1097/OI9.0000000000000247.

3. Heo S., Huh J., Kim J.K., Lee K.M. Delayed Perforation After Endoscopic Resection of Upper Gastrointestinal Tumors: CT Findings to Identify Patients Requiring Surgery. *J Clin Gastroenterol*. 2024 Jun 20, p.146-158.4. Germer C.T.- Acute compartment syndrome. *Chirurgie (Heidelb)*. 2024 Jul;95(7):511-512. doi: 10.1007.

4. Gunarathne K.J. K., Kaushalya P.J., Halpegamage N.W. A delayed presentation of a traumatic isolated duodenal injury. *SAGE Open Med Case Rep*. 2023 Apr 29;11:20-32.

5. Fuentes CF, Córdoba-Guzmán AC, Daza-Castro EM, Aponte D, González C, Sabbagh LC. E-VAC therapy as treatment of complications in gastrointestinal surgery in a gastroenterology reference center in Colombia: Case series. *Rev Gastroenterol Peru.* 2023 Apr-Jun;43(2):110-115.PMID: 37597224

6.Слонецький Б.І., Вербицький І.В., Коцюбенко В.О., Березенко І.М. Негативні складові діагностично-лікувальної тактики у пацієнтів із гострими хірургічними захворюваннями органів черевної порожнини з летальним наслідком. *Український медичний часопис.* 2022. Т.3. №149. С. 73-76.

7.Слонецький Б.І., Вербицький І.В. Дуоденогенний перитоніт.- Монографія.- Київ.-2025.-Інтерсервіс.- ISBN 978-966-999-492-9.-370с.

НАПРЯМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ В УКРАЇНІ

Макаров Віталій Михайлович

кандидат технічних наук, старший дослідник,
старший науковий співробітник
Інститут загальної енергетики НАН України,
м. Київ, Україна

Аналіз сучасного стану вугільної промисловості України, техніко-технологічного рівня її підприємств [1-10] дає підстави визначити наступні пріоритети технологічного розвитку вугільної промисловості при проведенні її модернізації:

- технічне переоснащення вуглевидобувного виробництва, включаючи забезпечення розвитку технології підземного вуглевидобування з переважним використанням в очисних вибоях значної протяжності механізованих комплексів нового технічного рівня, короткозабійної техніки із застосуванням комбайнів безперервної дії та самохідних засобів транспортування вугілля, широке використання стругової техніки, при відробці крутих пластів застосування щитових агрегатів;

- підвищення якості вугільної продукції за рахунок збільшення обсягів збагачення вугілля, реконструкції збагачувальних фабрик з використанням більш прогресивного вітчизняного або імпортного обладнання, організація сертифікації продукції, контролю і моніторингу стану якості вугілля, яке видобувають й відвантажують;

- технічне забезпечення промислової утилізації шахтного метану, розробка і втілення нових технологій та устаткування для ефективної дегазації вугільних пластів, як попередньої так і в процесі видобутку вугілля;

- розробка й реалізація програми створення конкурентоспроможної вітчизняної гірничодобувної техніки для гірничо-геологічних умов шахт України.

У межах вирішення цих завдань найбільш дієвим фактором покращання показників вуглевидобутку на шахтах України є інтенсифікація та підвищення рівня концентрації очисних робіт на базі прогресивних управлінських, технічних та технологічних рішень.

При визначенні пріоритетних напрямів технологічного розвитку вугільної промисловості слід орієнтуватись на комплексну механізацію і автоматизацію робіт в очисних вибоях, передбачаючи використання найбільш прогресивних видів обладнання, яке забезпечує високі техніко-економічні показники при мінімальній трудомісткості робіт і безпеки праці. Вибір засобів механізації пропонується здійснювати з урахуванням прогнозу розвитку техніки в найближчі роки.

В довгих очисних вибоях рекомендується передбачати наступне найбільш ефективне обладнання:

- при пологому падінні пластів і розробці їх на повну потужність або шарами – комплекси обладнання з вузько захоплювальними комбайнами або струговими установками, пересувними забійними конвеєрами і механізованими гідравлічними кріпленнями з засобами автоматичного керування;

- при похилому і крутому падінні пластів і розробці їх на повну потужність або шарами при управлінні покрівлею повним обрушенням або закладенням – комплекси обладнання з вузько захоплювальними комбайнами або струговими установками і механізованими гідравлічними кріпленнями, а при необхідності і з обладнанням для закладення; комплекти обладнання, які складаються з щитового кріплення і виїмково-транспортувальних машин – при виїмці смугами по падінню; комплекти обладнання, які складаються з виїмкових самохідних комбайнів, скребкових конвеєрів, і кріплення, спільно з обладнанням для закладання – при виїмці смугами по повстанню.

В складних гірничо-геологічних умовах, коли використання механізованих кріплень не ефективно, слід передбачати комплекти обладнання з вузько захоплюваними комбайнами або струговими установками, пересувними забійними конвеєрами, гідро пересувачами і індивідуальним металевим кріпленням – забійними і посадковими стійками (переважно гідравлічними з зовнішнім живленням) і шарнірними верхняками.

Для підвищення ефективності роботи шахт, функціонування яких залежить від великих фінансових витрат, високої трудомісткості і короткотривалої віддачі, пошук резервів має бути пов'язаний із ресурсоощадною технологією вуглевидобутку і удосконаленням виробничих процесів підземного комплексу.

При розробці вугільних родовищ короткими вибоями слід передбачати комплексну механізацію нарізних і очисних робіт шляхом застосування однотипного самохідного обладнання, яке включає комбайн або навантажувальну машину, телескопічний конвеєр, самохідні вагонетки, бункер-перевантажувач, механічні засоби буріння і встановлення анкерного кріплення.

При розробці тонких вугільних пластів і позабалансових запасів в шахтах що закриваються пріоритетним може стати буро шнекове виймання.

Підготовчі виробки слід проводити найбільш економічним способом з допомогою:

- прохідницьких агрегатів, які механізують всі види робіт в підготовчих вибоях;

- прохідницьких комбайнів в комплексі з перевантажувачами, самохідними вагонетками або бункер-поїздами і укладачами кріплень, які забезпечують безперервну роботу комбайнів і високу ефективність їх роботи;

- буро навантажувальних машин і комплексів;

- буро-збійних машин.

Необхідно передбачати закладення виробленого простору при розробці потужних пластів вугілля, схильних до самозаймання, тонких круто падаючих пластів, небезпечних за раптовими викидами вугілля і газу, а також з метою

підвищення безпеки ведення гірничих робіт за рахунок більш ефективного управління гірничим тиском, зниження втрат вугілля, охорони поверхневих будівель і споруд від пошкоджень і руйнування, а також у випадках економічної доцільності залишення породи в шахті.

Транспортування і закладення матеріалу у вироблений простір слід передбачати гідравлічним, пневматичним, самопливним, скреперним і механічним способами. Основними вважати гідравлічний і пневматичний.

При розробці пластів, небезпечних за раптовими викидами вугілля або газу і по гірничим ударам, необхідно встановлювати порядок відробки пластів, який передбачає попередню відробку безпечного, захисного пласта.

Розробку захисних пластів, а також пластів, небезпечних за гірничими ударами, слід передбачати без залишення ціликів у виробленому просторі.

На пластах, небезпечних за раптовими викидами, для очисної виїмки слід передбачати такі технологічні схеми і засоби механізації, які потребують присутності мінімальної кількості людей у вибої.

Одним із основних напрямів удосконалення роботи вугільної промисловості є забезпечення ритмічності роботи технологічних комплексів та скорочення часу простоїв гірничого обладнання: Цей напрям здійснюють, на створенні інформаційно-аналітичного забезпечення і впровадженні на цій основі автоматизації процесів вугледобування, автоматизованих систем управління виробництвом та комп'ютерно-інформаційних технологій.

У цьому разі створюються можливості оснащення вугільних шахт сучасними системами моніторингу шахтної атмосфери, апаратурою попереднього виявлення і локалізації вибухів газу та пилу, виявлення й гасіння пожеж на стрічкових конвеєрах, комплексами апаратури швидкодіючого вимикання вибийного електрообладнання при пошкодженнях кабелю, що приводить до підвищення безпеки праці шахтарів.

Такий підхід забезпечує можливості одержання об'єктивної інформації для аналізу доаварійних, аварійних і після аварійних режимів роботи гірничого обладнання, виявлення та локалізації пошкоджень у технологічних комплексах, що значно скорочує час простою гірничого обладнання та підвищує продуктивність технологічних комплексів.

Таким чином, розвиток техніки і технології видобутку вугілля на подальший період доцільно здійснювати за такими напрямами: розроблення техніки видобутку і навантаження вугілля з мінімальною присутністю людей у вибої; у зв'язку зі збільшенням швидкості просування вибою необхідно розробити методи і техніку управління посадкою покрівлі у виробленому просторі; розробити прохідницький комбайн, що забезпечує комплекс робіт із здійснення та кріплення капітальних гірничих виробок і проведення допоміжних операцій; розроблення, вдосконалення технології та техніки відпрацьовування тонких пластів і ціликів буро-шнековим способом при безлюдному добуванні; підвищення довговічності й надійності роботи стаціонарного устаткування, забезпечення автоматизації його роботи і контролю технічного стану.

Список літератури:

1. Кияшко Ю.И. Оценка эффективности работы шахт при различных вариантах применения очистного оборудования. *Уголь Украины*. 2001. № 5. С. 24–26.
2. Кулик М.М. Роль вугілля у формуванні паливно-енергетичних балансів та оптимізація розвитку вугільної промисловості України. *Проблеми загальної енергетики*. 2002. № 6. С.7–16.
3. Макаров В.М. Математична модель оптимізації технологічного розвитку вуглевидобування в Україні. *Проблеми загальної енергетики*, 2017, Вип.1(48). 16-23.
4. Макаров В.М. Прогнозування розвитку вугільної галузі з урахуванням екологічних обмежень. *Economic Development: Global Trends and National Peculiarities*. – Collective monograph. – Poland: Baltija Publishing, 2020. – 100-118. ISBN 978-9934-588-61-7. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-61-7-8>
5. Перов М.О., Макаров В.М., Новицький І.Ю. Напрями модернізації вуглепереробної промисловості на базі прогресивних технологій збагачення вугілля. *Проблеми загальної енергетики*. 2018. Вип. 2(53). С. 51–59.
6. Макаров В., Перов М. Оцінка перспективності діючих вуглевидобувних підприємств. *Системні дослідження в енергетиці*. 2023. Вип. 2(73). 18-29. DOI: <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.02.018>
7. Макаров В.М., Перов М.О. Прогноз обсягів впровадження сучасних енергозберігаючих технологій очисних робіт у вугільних шахтах. *Проблеми загальної енергетики*. 2010. № 23. С. 30–33.
8. Макаров В.М. Методичні підходи до вибору видобувного обладнання при проведенні модернізації шахти. *Проблеми загальної енергетики*. 2015. Вип. 4(43). С. 44–51.
9. Макаров В.М., Перов М.О., Новицький І.Ю., Макортецький М.М. Прогнозування ефективності роботи вугільних шахт України. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип.3(50). С. 33–40.
10. Ященко Ю.П., Косарев И.В. Научно-технические решения по развитию угольных шахт Украины. К.: Логос, 2014. 361 с.

ОЗДОРОВЧІ ХОДЬБА ТА БІГ ЯК ЕФЕКТИВНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Адєєва Ольга Вікторівна

канд. пед. наук, завідувач кафедри фізичного виховання та спорту
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Єфімов Григорій Олександрович

старший викладач кафедри фізичного виховання та спорту
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Чебан Віталій Федорович

старший викладач кафедри фізичного виховання та спорту
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Соколов Володимир Іванович

викладач кафедри фізичного виховання та спорту
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Актуальність. На сучасному етапі розвитку нашого суспільства однією з найважливіших засад теоретичної концепції та практичної діяльності закладу вищої освіти є підготовка конкурентоспроможного, фізично та психічного здорового фахівця. Адже, головний показник добробуту держави - це стан здоров'я молодого покоління, який відображає дійсність та дає прогноз на майбутнє.

Рівень здоров'я сучасної молоді відіграє важливу роль у формуванні трудового та інтелектуального потенціалу нашої країни.

Проте, практика свідчить, що сучасні умови життя здобувача вищої освіти характеризуються значним зниженням фізичної активності, що призводить до зниження рівня здоров'я, фізичної підготовки, працездатності, негативно впливає на психоемоційний стан та призводить до послаблення захисних сил організму здобувача вищої освіти [1, 2].

Стійка тенденція до погіршення рівня фізичної активності та здоров'я здобувачів вищої освіти, що намітилася в останні роки, диктує необхідність пошуку ефективних засобів, що забезпечать оптимальний рівень їхньої рухової активності в сучасних умовах.

Найбільш ефективними та простими в використанні, на нашу думку є оздоровча ходьба та оздоровчий біг - спеціально-оздоровчі фізичні вправи динамічно-циклічного характеру. Ці вправи можна використовувати як при організації аудиторних занять з фізичного виховання так і в процесі самостійної фізкультурно-оздоровчої діяльності здобувачів. Для цих видів фізичної

активності не потрібно спеціального обладнання, їх можуть виконувати особи різного віку, статі і рівня фізичної підготовки.

Ходьба - складний поєднаний рух, у якому бере участь приблизно 56% всіх м'язів тіла одночасно, причому найбільш масивні м'язи ніг. Ця робота не вимагає великої витрати нервових сил. Ходьба задовольняє природну потребу людини у русі.

Аналіз науково-методичної літератури свідчить, що оздоровчою ходьбою рекомендуємо займатися щодня тривалістю 30-45 хв в день. Вчені рекомендують починати заняття з 4 разів у тиждень, у зручний час дня.

Слід зазначити, що існує декілька різновидів оздоровчої ходьби: звичайна ходьба, швидка ходьба, спортивна ходьба, скандинавська ходьба. Кожен із цих видів має свої особливості та може використовуватися здобувачами вищої освіти залежно від рівня їхньої підготовки та сподобань.

Доведено, що не слід займатися оздоровчою ходьбою перед сном, в процесі ходьби не варто розмовляти, дихання повинне бути природним.

Пульс після правильно організованого заняття оздоровчою ходьбою підвищується порівняно з початковим (у стані спокою) на 30-50% і нормалізується через 5-10 хвилин відпочинку.

Під час ходьби активно працюють м'язи нижніх кінцівок, покращується кровообіг, посилюється робота серця та легенів.

Позитивними критеріями ефективності занять оздоровчою ходьбою вважаються: рівне, неускладнене дихання, легкий піт, відчуття задоволення, невелика фізична втома.

Вчені зазначають, що регулярні заняття нормалізують артеріальний тиск, покращують обмін речовин та зміцнюють імунну систему. Оздоровча ходьба позитивно впливає на психо-емоційний стан того, хто займається, в процесі занять зменшується рівень стресу, покращується настрій та підвищується загальна працездатність [3].

Оздоровчий біг - специфічний засіб для тренувального впливу, який важко замінити іншими фізичними навантаженнями. Особливість оздоровчого бігу - помірна інтенсивність навантаження. Його головна мета полягає не у досягненні спортивних результатів, а у підтриманні здоров'я та покращенні фізичного стану організму.

Спеціалісти вважають, що для оздоровчого бігу оптимальна швидкість становить 7-11 км/год. Повільніший біг потребує більше енергії, ніж ходьба, тому він менш ефективний і виснажливий. Швидший біг, у свою чергу, створює надмірне навантаження на серцево-судинну систему [4].

Під час бігу навантаження на серце зменшується завдяки роботі «м'язового насоса» - ритмічне й послідовне скорочення м'язів гомілки й стегна допомагає виштовхувати кров з вен нижніх кінцівок нагору до серця. Біг підсилює обмін речовин, сприяє утилізації («спалюванню») старих, непрацюючих структур організму й заміні їх новими, чим омолоджує організм. Доведено, що біг підсилює імунітет, попереджає розвиток атеросклерозу й пухлинних захворювань. При правильно дозованому бігу відбувається гармонічна

багаторівнева природна стимуляція захисних систем організму. Більшою мірою вона виявляється через м'язову, серцево-судинну, дихальну системи. Стимулюючою дією володіють вуглекислий газ і молочна кислота, вміст яких під час бігу збільшується. При бігу виділяються гормони задоволення - енкефаліни, ендорфіни - благотворно впливають на нервову систему й сприяють відновленню її адекватної сприйнятливості. Стимулюючою дією володіє й струс, який виконується при бігу. Регулярні заняття оздоровчим бігом позитивно впливають на всі ланки опорно-рухового апарату, перешкоджаючи розвитку дегенеративних змін, пов'язаних з віком і гіподинамією.

В процесі організації самостійних занять оздоровчою ходьбою та бігом слід враховувати, що існують певні протипоказання до занять. А саме: бронхіальна астма, глаукома, гострі захворювання шлунку, серйозні порушення серцево-судинної системи, травми опорно-рухового апарату.

На початку занять оздоровчий біг рекомендують чергувати з ходьбою та поступово збільшувати час пробіжки. Рекомендована тривалість занять для початківців становить 15–20 хвилин; для підготовлених осіб – від 30 до 60 хвилин. Заняття бажано проводити 3–5 разів на тиждень, поступово збільшуючи навантаження [5].

Фахівці зазначають, що для нормального функціонування та тренування основних систем організму тривалість бігу може коливатись від 20 до 40 хвилин [6].

Самоспостереження та самоконтроль під час оздоровчого бігу - обов'язкова умова для корекції тренувальних навантажень. Найбільш простим та дієвим методом самоконтролю є контроль показників ЧСС. Верхня границя швидкісного режиму для оздоровчого бігу становить 150 уд./хв. Якщо кількість скорочень серця більше 150, необхідно знизити обсяг бігу і збільшити відпочинок між заняттями [7].

Слід зазначити, що займатись оздоровчим бігом можна в будь-який час доби, але не раніше чим через дві години після харчування, не пізніше чим за 30 хв до прийому їжі і за 1 годину до сну.

Для досягнення максимального ефекту необхідно правильно організувати заняття і враховувати, що вони повинні складатися з трьох частин: підготовча частина (розминка) - легкі фізичні вправи, спрямовані на розігрів м'язів та підготовку організму до навантаження; основна частина - виконується ходьба або біг у визначеному темпі; заключна частина – це повільна ходьба та вправи на розслаблення.

Заняття оздоровчою ходьбою та бігом рекомендується використовувати систематично, регламентовано за часом, інтенсивністю та обсягом. При цьому величина тренувального впливу має залежати від рівня фізичної підготовленості здобувачів освіти, статі, віку та фізичного стану безпосередньо перед початком навантаження.

Науковці вважають, що навантаження буде адекватним, якщо ті, хто займається в процесі бігу, і після нього виявляють позитивні емоції. Адже надмірне тренування без відновлення замість оздоровчого ефекту приводить

до погіршення самопочуття, втрати мотивації до занять, надмірної збудженості чи навпаки, млявості [8].

Регулярні заняття оздоровчою ходьбою та бігом підтримують високий рівень фізичної активності, сприяють розвитку фізичних якостей, позитивно впливають на серцево-судинну систему, органи дихання, нервову систему та загальний стан організму.

Висновки. В результаті дослідження виявлено основні переваги занять оздоровчими ходьбою та бігом для покращення рівня фізичної активності здобувачів вищої освіти, а саме: відсутність спеціальної екіпіровки; зручний час для занять; проста техніка виконання; доступність; можливість регулювати навантаження і забезпечувати комплексний вплив на функціональні системи організму; можливість поєднувати розумову (творчу) діяльність і вправи оздоровчої ходьби та бігу.

Перспективу майбутніх наукових розвідок убачаємо в вивченні чинників, що сприяють формуванню мотивації здобувачів вищої освіти до регулярних занять оздоровчими ходьбою та бігом.

Список літератури

1. Адєєва О. В., Соколов В. І., Єфімов Г. О., Чебан В. Ф. Рухова активність студентів університету в умовах воєнного стану як соціально педагогічна проблема. *Computer-integrated technologies of automation of technological processes: proceeding X intern. scien. and pract. conf.*, (Hamburg, Germany nov. 05 – 08, 2024). Hamburg, 2024. P. 224-228.

2. Адєєва О. В., Соколов В. І., Єфімов Г. О., Чебан В. Ф. Організація фізичного виховання здобувачів вищої освіти в умовах військового стану. *Trends in the development of quality training of future specialists: proceeding XX intern. scien. and pract. conf.*, (Oslo, Norway may 21-24 2024). Oslo, 2024. P. 178-182.

3. Щур Ю.В. Оздоровча ходьба як засіб кондиційного тренування жінок другого періоду зрілого віку. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). 2019. Вип. 3 К (110) С. 615-620.*

4. Євтушенко Є. Г. Заняття оздоровчим бігом в якості активного дозвілля студентської молоді. *Scientific Theories and Practices as an Engine of Modern Development* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., (Братислава, 28 лют. –01 бер. 2024). Братислава, 2024. С. 303-307.

5. Матійчук В. І. Оздоровчий біг як засіб розвитку загальної витривалості студентів ВНЗ. *European scientific congress: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.*,(Мадрид, 15–17 трав. 2023). Мадрид, 2023. С. 486-489.

6. Гоншовський В. М., Вергуш О. М. Особливості побудови занять з оздоровчої ходьби та бігу. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини. 2017. Вип. № 10. С. 143-148.*

7. Фурман Ю. М. Фізіологія оздоровчого бігу. Київ: Здоров'я, 1992. 208 с.
8. Архипов О. А., Питомець О. П. Оздоровчий біг як основа самостійних занять для осіб різного віку. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2017. Вип. 3 К (84) С. 39-43.

ПСИХОЛОГІЧНІ ВІДМІННОСТІ У ЦІННІСНИХ ОРІЄНТАЦІЯХ ІНТЕРНАЛІВ ТА ЕКСТЕРНАЛІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Кондес Тетяна,
доцент кафедри психології та соціального забезпечення,
кандидат психологічних наук, доцент
Державний університет “Житомирська політехніка”,
м. Житомир, Україна

Хлисту́н Яна,
студентка IV курсу, спеціальності 053 “Психологія”,
Державний університет “Житомирська політехніка”

В сучасній психологічній науці зростає інтерес до дослідження внутрішніх детермінант поведінки та життєвого вибору особистості, зокрема до аналізу локусу контролю та ціннісних орієнтацій. Ціннісна сфера виступає смисловим ядром особистості, визначаючи її мотивацію, життєві пріоритети та способи взаємодії з соціальним і цифровим середовищем. Саме через систему цінностей людина осмислює власний досвід, формує життєві цілі та обирає стратегії поведінки.

Метою нашого дослідження є виявлення та комплексний аналіз розбіжностей у системі цінностей інтерналів (осіб з внутрішнім контролем) та екстерналів (осіб з зовнішнім контролем), що дозволяє спрогнозувати адаптивні можливості людини та специфіку її ціннісної регуляції, особливо в умовах цифрового середовища. В дослідженні використані праці таких авторів, як С. Максименко [2], Е. Михлюк, І. Логовський [4], М. Поляков, І. Штученко [5], В. Предко [6], С. Ставицька, В. Кутішенко [7], а також положення Етичного кодекса психолога [1]. Емпіричне дослідження проведене на базі Центру «PsyLab» Державного університету «Житомирська політехніка» і стали основою для розробки диференційованих психопрофілактичних пам’яток.

Важливим психологічним чинником, що впливає на формування ціннісних орієнтацій, є локус контролю, введений у науковий обіг Дж. Роттером. Поняття «локус контролю», інтегроване в психологічний обіг у середині 60-х років ХХ століття, описує узагальнену когнітивну схему людини про те, що саме є першопричиною подій її життя та хто несе за них персональну відповідальність. Даний конструкт базується на двох аксіоматичних положеннях. По-перше, індивіди радикально різняться за вектором локалізації контролю над значущими подіями, що дозволяє виокремити два полярні типи – екстернальний та інтернальний. По-друге, локус контролю виступає як надситуативна та універсальна якість індивіда, яка залишається стабільною як у періоди тріумфальних досягнень, так і в моменти глибоких кризових невдач [8].

Локус контролю відображає уявлення особистості про джерело причинності подій власного життя та міру відповідальності за їх результати. Особи з інтернальним локусом контролю схильні приписувати успіхи й невдачі власним зусиллям і рішенням, тоді як екстернали пояснюють життєві події впливом зовнішніх обставин, випадку або інших людей. Такі відмінності у сприйнятті контролю визначають рівень суб'єктності, активності та психологічної стійкості особистості.

Локус контролю розглядається як стійка властивість індивіда, що кристалізується в процесі його соціалізації. Він репрезентує узагальнене очікування того, наскільки суб'єкт здатний керувати підкріпленнями у власному житті [9]. Люди з екстернальним локусом контролю (екстернали) схильні інтерпретувати свої успіхи та поразки як результат гри зовнішніх сил: долі, везіння, фатальних обставин або волі впливових осіб. На противагу їм, інтернали (особи з внутрішнім локусом) переконані, що траєкторія їхнього життя визначається виключно їхніми власними діями, здібностями та вольовими зусиллями. Слід зауважити, що реальна особистість рідко відповідає чистому типові; зазвичай йдеться про динамічне поєднання обох рис із тяжінням до одного з полюсів континууму.

В умовах стрімкої цифровізації суспільства, зростання інформаційного навантаження та невизначеності особливої актуальності набуває дослідження того, як локус контролю пов'язаний із ціннісними стратегіями взаємодії особистості з цифровим середовищем. Усвідомлення психологічних відмінностей між інтерналами та екстерналами дозволяє глибше зрозуміти механізми адаптації, відповідального використання цифрових технологій та формування життєвої позиції. Метою даної статті є аналіз психологічних відмінностей у ціннісних орієнтаціях осіб з інтернальним та екстернальним локусом контролю.

Емпіричне дослідження було спрямоване на виявлення психологічних відмінностей у ціннісних орієнтаціях осіб з різним типом локусу контролю. У дослідженні взяли участь студенти закладу вищої освіти, які брали участь добровільно з дотриманням принципів анонімності та етичних норм психологічного дослідження.

Для реалізації мети дослідження було обрано методику визначення рівня суб'єктивного контролю (локусу контролю) Дж. Роттера та методику ціннісних орієнтацій М. Рокича, що відповідають вимогам надійності та валідності.

Вибір методики визначення рівня суб'єктивного контролю (локусу контролю) Дж. Роттера зумовлений необхідністю диференціації досліджуваних за типом локалізації контролю. Дж. Роттер визначає локус контролю як сприйняття індивідом зв'язку між власними діями та їх наслідками. Методика дозволяє виміряти ступінь, у якому індивід сприймає події свого життя як залежні від власної поведінки (інтернальний контроль) або як результат дії зовнішніх сил, таких як випадок, доля чи впливові інші (екстернальний контроль).

Обґрунтованість використання шкали Роттера підтверджується численними дослідженнями, які вказують на її задовільну дискримінантну та конвергентну валідність. Дослідження показують, що шкала є чутливою до індивідуальних відмінностей у сприйнятті контролю над власною долею. Крім того, виділення інтернальності та екстернальності є важливим для прогнозування поведінки особистості, оскільки ці типи суттєво відрізняються за рівнем активності, відповідальності та самостійності.

Використання такого підходу дає можливість розглядати локус контролю не просто як когнітивну установку, а і як інтегральну детермінанту, що визначає роль життєвих цінностей у процесі прийняття рішень. Тому, виявлення відмінностей у цінностях осіб з різним типом суб'єктивного контролю стає можливим через аналіз того, які саме підкріплення мають для них найбільше значення та наскільки реалістичним вони бачать їх досягнення власними зусиллями. Це обґрунтовує доцільність використання шкали РСК у поєднанні з методикою вивчення ціннісних орієнтацій М. Рокича, оскільки такий комплекс дозволяє системно описати механізми саморегуляції особистості.

Вибір методики «Ціннісні орієнтації» М. Рокича в межах даного дослідження зумовлений її здатністю виявляти ієрархічну структуру когнітивно-сміслової сфери особистості. Згідно з ідеєю автора, цінності розглядаються як стійкі переконання щодо переваги певних цілей існування або способів поведінки над іншими. Використання даного інструментарію в поєднанні з аналізом локусу контролю є найбільш доцільним, так як воно дає можливість розділити ціннісну орієнтацію опитуваних на два базові класи: термінальні та інструментальні цінності. Перші відображають основні цілі життя, такі як здоров'я, свобода, творчість або сімейне щастя, тоді як другі являють собою засоби та риси особистості, за допомогою яких ці цілі досягаються, наприклад, відповідальність, самоконтроль або чесність. Таке розмежування дозволяє зрозуміти, як відчуття контролю над власним життям змінює життєві цілі та методи, якими люди рухаються до їх реалізації.

Аналіз результатів дослідження засвідчив наявність суттєвих психологічних відмінностей у структурі та ієрархії ціннісних орієнтацій осіб з інтернальним та екстернальним локусом контролю. Виявлені відмінності простежуються як на рівні термінальних, так і інструментальних цінностей.

Особи з інтернальним локусом контролю виявляють орієнтацію на цінності, пов'язані з активним самоконструюванням життєвого шляху та особистою відповідальністю за його якість. Для них провідними є цінності здоров'я, любові, матеріального благополуччя та професійної самореалізації. Дані цінності сприймаються інтерналами як такі, що перебувають у сфері їхнього власного впливу та потребують усвідомлених зусиль.

Натомість особи з екстернальним локусом контролю демонструють іншу конфігурацію ціннісних пріоритетів. Для них більш значущими є цінності адаптивно-компенсаторного характеру, зокрема впевненість у собі, пізнання, особистісний розвиток і соціальне схвалення. Така орієнтація свідчить про

прагнення до пошуку внутрішньої або зовнішньої психологічної опори за умов суб'єктивно обмеженого контролю над життєвими обставинами.

Відмінності виявлено й у структурі інструментальних цінностей, які виступають засобами реалізації життєвих цілей. Узагальнені дані порівняльного аналізу інструментальних цінностей осіб з різним локусом контролю подано в таблиці 1. Отримані результати підтверджують суб'єктну модель інтерналів, у якій воля та відповідальність розглядаються як ключові інструменти побудови життєвого шляху. Натомість екстернали частіше обирають комунікативні та емоційно-адаптивні засоби, зокрема життєрадісність і чуйність, що виступають стратегіями соціальної адаптації та пошуку психологічної підтримки з боку оточення.

Таблиця 1

Порівняльна ієрархія інструментальних цінностей осіб з інтернальним та екстернальним локусом контролю

Ранг	Пріоритети Інтерналів	Пріоритети Екстерналів
I	Відповідальність (почуття обов'язку)	Життєрадісність (оптимізм, гумор)
II	Тверда воля (самовладання)	Чуйність (дбайливість)
III	Освіченість (широта знань)	Вихованість (добрі манери)
IV	Раціоналізм (логічне мислення)	Самоконтроль (стриманість)

Натомість особи з екстернальним локусом контролю демонструють іншу конфігурацію ціннісних пріоритетів. Для них більш значущими є цінності адаптивно-компенсаторного характеру, зокрема впевненість у собі, пізнання, особистісний розвиток і соціальне схвалення. Така орієнтація свідчить про прагнення до пошуку внутрішньої або зовнішньої психологічної опори за умов суб'єктивно обмеженого контролю над життєвими обставинами.

Відмінності виявлено й у структурі інструментальних цінностей, які виступають засобами реалізації життєвих цілей. Узагальнені дані порівняльного аналізу інструментальних цінностей осіб з різним локусом контролю подано в таблиці 1. Отримані результати підтверджують суб'єктну модель інтерналів, у якій воля та відповідальність розглядаються як ключові інструменти побудови життєвого шляху. Натомість екстернали частіше обирають комунікативні та емоційно-адаптивні засоби, зокрема життєрадісність і чуйність, що виступають стратегіями соціальної адаптації та пошуку психологічної підтримки з боку оточення.

Емпірична частина дослідження, у якій взяли участь 36 респондентів на етапі визначення локусу контролю та 20 осіб на етапі ранжування цінностей, дозволила сформулювати низку науково обґрунтованих висновків.

Отримані дані підтверджують системний характер впливу локусу контролю на формування ціннісних орієнтацій та дозволяють розглядати його як важливий

психологічний чинник, що, своєю чергою, детермінує стратегії взаємодії особистості з цифровим середовищем.

Локус контролю виступає значущим психологічним чинником формування та ієрархізації ціннісних орієнтацій особистості. Особи з інтернальним локусом контролю орієнтуються на проактивні цінності, пов'язані з відповідальністю, самореалізацією та активним життєвим вибором. Для осіб з екстернальним локусом контролю характерною є орієнтація на адаптивно-компенсаторні цінності, спрямовані на пошук психологічної підтримки.

Виявлено відмінності у виборі інструментальних цінностей: інтернали тяжіють до вольових і раціональних засобів, екстернали - до комунікативних та емоційно-адаптивних.

Отримані результати підтверджують висунуту гіпотезу та можуть бути використані у психологічному консультуванні, освітній практиці та формуванні відповідального ставлення до використання цифрових технологій.

Список літератури:

1. Етичний кодекс психолога / Ю. Гундертайло, А. Богдан, Ю. Бодашевська, О. Бурлачук ; Національна психологічна асоціація України. 2021. 12 с. URL: <https://npra-ua.org/en/ethics/>
2. Загальна психологія: підручник / за загальною редакцією академіка С.Д. Максименка. 4-те вид., переробл. і доп. Том 1. Київ: Видавництво Людмила, 2025. 568 с.
3. Ломачинська І.М., Рихліцька О.Д. Виклики соціальних мереж у формуванні ціннісних орієнтирів українського інтернет-покоління. Вісник Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого. 2025. № 1 (64). С. 147–158. <https://doi.org/10.21564/2663-5704.64.324580>.
4. Михлюк Е., Логовський І. Психологічні особливості життєстійкості внутрішньо переміщених осіб. *Проблеми екстремальної та кризової психології (Disaster and crisis psychology problems)*. 2024. № 1(7). С. 105–117. DOI: <https://doi.org/10.52363/dcpp-2024.1.8>
5. Поляков М., Штученко І. Є. Психологічні особливості ціннісної сфери сучасних підлітків. *Наукова школа академіка Івана Зязюна у працях його соратників та учнів* : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 23-24 травня 2024 р.) / за заг. ред. О. Г. Романовського. Харків : НТУ «ХП», 2024. С. 294.
6. Предко В.В. Збалансований локус контролю як провідний фактор збереження життєстійкості та зміцнення ментального здоров'я особистості в умовах війни. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Психологія*. 2024. Т. 35 (74), № 5. С. 44-50. DOI: <https://doi.org/10.32782/2709-3093/2024.5/07>
7. Ставицька С., Кутішенко В. Взаємозв'язок локусу контролю та навчальної мотивації студентів-психологів. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 12. Психологічні*

науки. 2024. Вип. 25 (70). С. 72-80. DOI:
[https://doi.org/10.31392/UDUnc.series12.2024.25\(70\).08](https://doi.org/10.31392/UDUnc.series12.2024.25(70).08)

8. American Psychological Association APA Dictionary of Psychology. Locus of control (оновлена версія). 2023. URL: <https://dictionary.apa.org/locus-of-control>

9. Rotter J. B. Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychol. Monographs*. 1966. V. 80. P. 11-28.

АСИМЕТРІЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ КОМУНІКАЦІЙ І КІБЕРБЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ: РИЗИКИ ДЛЯ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ

Кукляк Роман Ігорович

аспірант кафедри адміністративного та фінансового менеджменту
Національний університет «Львівська політехніка»

Цифрова комунікація – реальний і поширений феномен в Україні, але структурна та інституційна підготовка систем публічного управління для роботи в таких умовах – часто недостатня, що породжує серйозні загрози інформаційній стійкості, особливо на рівні місцевого самоврядування. За останніми даними, 82 % населення України користуються інтернетом, на початок 2024 року близько 29,64 млн українців були інтернет-користувачами; рівень інтернет-пенетрації становив ~79,2 % [1]. При цьому значна частина населення (понад 60 %) користується соціальними мережами, що підсилює роль цифрових комунікацій у повсякденному інформаційному середовищі [2]. Слово і Діло. Проте попри високий рівень цифрового охоплення, аналіз розвитку ІКТ-сфери в Україні свідчить про наявність значних прогалин у інфраструктурі, стандартизації цифрових комунікацій та захисті інформації. Водночас Україна перебуває у стані гібридних загроз, де інформаційна сфера є об'єктом системного впливу. Урядова команда реагування на комп'ютерні надзвичайні події CERT-UA, яка діє при Держспецзв'язку, в 2024 році опрацювала 4315 кіберінцидентів, що на 69,8% більше, ніж роком раніше, коли кіберзлочинці атакували український кіберпростір 2541 раз. Кіберзловмисники найчастіше націлюються на органи місцевої влади, центральні урядові структури, сектор безпеки й оборони, енергетику, телекомунікації та комерційні організації. Основні інциденти пов'язані з фішингом, поширенням шкідливого ПЗ, несанкціонованими підключеннями та компрометацією облікових записів чи систем, а головними цілями атак є викрадення конфіденційних даних і виведення з ладу інформаційних ресурсів [3]. У міжнародному рейтингу з кібербезпеки Global Cybersecurity Index [4] Україна має свої слабкі місця, що вказує на необхідність підвищення готовності до кіберзагроз. Одна з найсильніших позицій України – рівень технічних заходів (17,35 бали), що свідчить про достатній рівень технічної готовності, оскільки Україна має активний національний CERT-UA, функціонуючі сектори кіберзахисту в органах державної влади, впроваджені технічні стандарти, а також налагоджену взаємодію з міжнародними кіберцентрами. У цьому напрямі Україна перевищує середньорегіональний рівень і демонструє високу адаптивність у відповідь на безпрецедентну кількість атак. Саме технічні спроможності дозволили забезпечити неперервність роботи ключових державних платформ (Дія, реєстри Мін'юсту, Кабміну тощо). Однак проблема полягає в тому, що технічні спроможності залишаються зосередженими на центральному рівні. Натомість місцеві громади не мають

власних CISO або технічних команд, не проводять системні сканування вразливостей, користуються застарілими серверами та програмами, часто мають неконтрольований доступ до критичних даних, що створює “точки входу” для атак через слабкі інституції.

Середній рівень організаційних заходів, виявлений у результаті опитування органів місцевого самоврядування Львівської області, проведеного автором у межах дисертаційного дослідження, оцінений у 15,97 бали, підкреслює наявність стратегічних документів, але слабку інституційну реалізацію. Україна має національну стратегію кібербезпеки, урядові центри та профільні агентства, що працюють ефективно. Проте організаційна вертикаль залишається недостатньо розвиненою: немає офіційних відповідальних за кібербезпеку на рівні громад; не існує стандартизованої структури інформаційної політики ОМС; система підзвітності та управління ризиками відсутня на більшості локальних рівнів; міжмуніципальна взаємодія є фрагментарною. Таким чином, організаційна спроможність зосереджена на центральному рівні, що суперечить принципам децентралізації та сучасної концепції інформаційної стійкості.

Найнижчий показник серед усіх стовпів – заходи з розвитку потенціалу (14,61 бали), що вказує на ключову структурну вразливість: дефіцит людського капіталу у сфері цифрової та кібербезпеки. Причинами цього є відсутність спеціалізованих навчальних програм для працівників органів місцевого самоврядування, низький рівень цифрової культури, відсутність регулярних тренінгів з комунікаційної безпеки, кризових комунікацій, протидії дезінформації, брак фахівців, особливо в громадах до 50 тисяч населення. Описаний компонент є основною перешкодою для нарощування стійкості, оскільки навіть найсучасніші технічні системи втрачають ефективність без компетентних користувачів.

Середній рівень показника – заходи співпраці (16,58 бали) – свідчить про помірну, але неповну інтегрованість у міжнародні та внутрішні мережі співробітництва. Загалом Україна демонструє високий рівень міжнародної взаємодії (НАТО, ЄС, ITU, FIRST), однак на внутрішньому рівні: міжвідомча координація є нерівномірною, місцеві органи влади часто не залучаються до національних програм кібербезпеки, державно-приватне партнерство у сфері кіберзахисту розвинене обмежено, горизонтальні мережі співпраці між громадами практично відсутні. Таким чином, Україна добре інтегрована в глобальну екосистему кібербезпеки, але слабо – у власну національну.

За результатами аналізу індексу, можна констатувати: сильні сторони України – правові та технічні механізми; слабкі сторони – кадровий потенціал, локальна організаційна спроможність і співпраця на рівні громад. Вищенаведене чітко визначає головний стратегічний виклик: підвищення інформаційної стійкості органів місцевого самоврядування через нарощування людського капіталу, інституційну структуру і розвиток партнерств. Саме на цьому слід концентрувати реформи, якщо метою є стійке управління інформаційною безпекою в умовах гібридних загроз.

Список літератури

1. Стан цифрових технологій в Україні у 2024 році. Цифровий 2024: Україна. https://datareportal.com/reports/digital-2024-ukraine?utm_source=chatgpt.com
2. Як повномасштабна війна відобразилася на кількості інтернет-користувачів в Україні. Слово і діло. https://www.slovoidilo.ua/2024/04/15/infografika/suspilstvo/yak-povnomasshtabna-vijna-vidobrazylasya-kilkosti-internet-korystuvachiv-ukrayini?utm_source=chatgpt.com
3. Global Cybersecurity Index (GCI). International Telecommunication Union 2025. <https://www.itu.int/epublications/publication/global-cybersecurity-index-2024>
4. CERT-UA минулого року опрацювала 4315 кіберінцидентів. 08.01.2025. Державна служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. <https://cip.gov.ua/ua/news/cert-ua-minulogo-roku-opracyovala-4315-kiberincidentiv>

PROGRAMMING A DECISION-SUPPORT WEB PLATFORM FOR GRAIN LOGISTICS CHAIN MANAGEMENT UNDER WARTIME CONDITIONS

Kolodiichuk Volodymyr,
Doctor of Economics, Professor,
Professor of the Department of Management and Business Administration,
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies,
Lviv

Kolodiichuk Oleksandr,
student,
Institute of Computer Science and Information Technologies,
Lviv Polytechnic National University, Lviv

The grain sector of Ukraine holds a structural position in the national economy and, through its exports, in global food security. Before the full-scale Russian invasion of February 2022 the country ranked among the five largest grain exporters worldwide, supplying roughly ten per cent of globally traded cereals and effectively feeding over four hundred million people. Operational performance of the sector depended far less on field productivity than on the condition of the logistics system that moved grain from producers through elevators and terminals to domestic buyers or seaports. Once that system was disrupted, the vulnerability of the entire grain economy became apparent within weeks, and a substantial body of research has since focused on how supply-chain restructuring, export-route substitution and infrastructure recovery could be approached in a coordinated way.

The consequences of the war for grain logistics have been severe and are now well documented. According to the analysis by Broyaka and colleagues, approximately 11.3 million tons of elevator capacity were destroyed and at least 165 elevators with a combined capacity of 5.2 million tons remained in occupied territories, leaving roughly one-fifth of the country's storage infrastructure unusable [1]. Welsh and co-authors report that close to 6.9 million hectares of arable land, nearly twenty per cent of the national total, were under occupation or in zones of active combat by March 2024 [2]. The World Bank's assessment places cumulative direct damage to the agricultural sector at more than USD 80 billion [3]. With Black Sea ports blockaded or functioning intermittently under the short-lived Grain Initiative, exporters turned to rail, road and Danube routes; rail carriage reached a record 39.7 million tons in 2024 compared with 200-300 thousand tons per month before the war, while unit transport costs climbed to USD 15-17 per ton [4]. The gauge difference between Ukrainian (1520 mm) and European (1435 mm) railway networks added further operational complexity that the sector had never previously faced.

Existing information systems address only fragments of this problem. Enterprise resource planning platforms provide end-to-end coverage but carry prohibitive licensing costs for small and medium producers and offer no native treatment of security risks or rapid re-routing. Transportation management systems are calibrated for stable market conditions and typically ignore kinetic threats or blockade scenarios. Elevator management systems automate stock-taking at individual facilities but do not communicate with transport-level or export-level data. Industry-oriented digital platforms concentrate primarily on trading functions. Geographic information systems have the spatial capabilities required yet presuppose specialist skills and often involve substantial licensing costs. A synthesis that would combine route modelling, scenario comparison, security-aware optimisation and interactive visualisation within a single accessible product does not currently exist on the market. Table 1 summarises the comparison.

Table 1

Functional comparison of existing software categories and the proposed platform

Criterion	ERP	TMS	Elevator systems	Industry platforms	Proposed platform
End-to-end supply-chain management	partial	no	no	no	yes
Map-based visualisation	no	partial	no	no	yes
Scenario modelling	no	no	no	no	yes
War-risk awareness	no	no	no	no	yes
Multi-criteria route optimisation	no	yes	no	no	yes
Affordability for SMEs	no	no	yes	yes	yes

Source: author's development based on [1; 4;].

To fill the gap described above, the research proposes an analytical web platform for grain logistics chain management, implemented as a client-server application. The backend is developed in C# on a modern web application framework, selected for its strict typing, mature asynchronous model based on `async/await`, and tight integration with object-relational mapping tools, which simplifies interaction with a relational database management system. Spatial data – coordinates of producers, elevators, transport nodes, ports and border crossings – are stored using an extended database module supporting geospatial queries, enabling distance calculations and nearest-neighbour queries directly at the database level. The frontend is built using a contemporary JavaScript library and combines interactive cartographic visualisation with tools for comparative graphical analysis. Authorisation relies on token-based mechanisms, and role-based access control distinguishes four user categories: super-administrator, administrator, analyst and operator. Real-time messaging inside each organisation is implemented over WebSocket technology, which provides automatic

reconnection and presence tracking. Optimal routes are computed by a modified Dijkstra algorithm in which edge weights are a user-adjustable combination of cost, travel time and a security-risk coefficient; the analyst can thereby prioritise, say, safety over cost when evaluating a frontline scenario. The system additionally generates PDF reports summarising route parameters, scenario comparisons and node load.

Two design choices distinguish the platform from the alternatives analysed in Table 1. First, the inclusion of a security-risk dimension – encoded as a numerical coefficient at the level of individual edges and nodes – allows the routing engine to treat damaged, mined or frontline-adjacent segments as first-class objects of the optimisation rather than as exceptional cases handled outside the algorithm. Second, the scenario mechanism lets a user construct alternative versions of the logistics graph (a port closure, a tariff shift, an infrastructure loss) and compare their outcomes against a baseline through tables, bar charts and radar charts, with automatic identification of the best- and worst-performing variants. Together these elements address, within a single environment, the analytical needs that have emerged specifically because of the war and for which the legacy systems were not designed. The theoretical framing of the work follows the classical definition given by Christopher, under which logistics is the management of integrated material, informational and financial flows across the supply chain [5]; the implementation reflects contemporary practice for scalable web architectures in data-intensive domains.

Practical significance stems from the range of potential users – agricultural producers of various scales, logistics operators, public authorities engaged in export control, and research centres analysing wartime supply chains. The decision-support framing, rather than any attempt at real-time operational control, defines the scope: the platform is intended to help analysts formulate and test logistics strategies under uncertainty, not to replace existing enterprise systems at the transactional level. Empirical requirements for the system were derived from the evidence documented by Broyaka et al. [1] and Salin [4] on storage losses, rail capacity and unit transport costs, as well as from the operational experience of rail-based corridor exports through 2022–2024. Ongoing development focuses on extending the scenario engine with optimisation over multiple simultaneous disruptions, integrating advanced routing solutions for realistic road-network geometry and refining the visualisation layer for tablet and mobile use.

References:

1. Broyaka A., Featherstone A., Zhang Y., Kastens J., McGinty H. K. Adapting Ukrainian grain supply chains to the Russia-Ukraine war. *International Food and Agribusiness Management Review*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22434/IFAMR.1209>
2. Welsh C., Dodd E., Dankevych V., Glauber J. W., Broyaka A. *From the Ground Up: Demining Farmland and Improving Access to Fertilizer to Restore Ukraine's Agricultural Production*. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2023. URL: <https://www.csis.org/analysis/ground-demining-farmland-and-improving-access-fertilizer-restore-ukraines-agricultural>

SOFTWARE ENGINEERING
DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND
ACHIEVEMENTS

3. Neyter R., Zorya S., Muliar O. Agricultural War Damages, Losses, and Needs Review. Washington, DC: World Bank, 2024. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099062524074642129/P1801981405a6a026197241151419507961>

4. Salin D. Ukraine Grain Transportation. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.9752/TS260.06-2024>

5. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2016. 328 p.

КОРЕКТНІСТЬ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ СУДНА

Алексейчук Богдан Михайлович

аспірант

Одеський Національний Морський Університет

Безаварійна навігація судна забезпечується визначенням його поточної позиції, використовуючи лінії положення (ЛП) судна, що дає змогу методом найменших квадратів розрахувати координати. Слід зазначити, що застосування методу найменших квадратів забезпечує отримання ефективних оцінок лише при розподілі похибок ЛП за нормальним законом, в разі розподілу за іншим законом ефективність менша 1. В роботі [1] розглядаються змішані закони розподілу похибок, і одержані аналітичні вирази для розрахунку ефективності координат розрахованих методом найменших квадратів. Коректність аналітичного виразу оцінки ефективності координат для

змішаного закону першого типу підтверджена імітаційним комп'ютерним моделюванням, результати якого викладені в роботі [2].

В даній роботі перевіримо достовірність аналітичної оцінки ефективності ef визначення координат судна для змішаного закону другого типу, яка має вираз [1]:

$$ef = 1 - \frac{3}{2n^2 + 5n + 3}. \quad (1)$$

Перевірку здійснено застосуванням імітаційним комп'ютерного моделюванням, спосіб проведення якого докладно викладено в роботі [2]. Нагадаємо лише, що слід згенерувати вибірку похибок ЛП G_{1000} , числом 1000 похибок, які мають розподіл за змішаним законом другого типу із завданням істотним параметром n , потім моделюються обсервовані позиції по восьми ЛП, похибки яких вибираються із створеної вибірки G_{1000} , причому розрахунок координат позицій проводиться методом найменших квадратів і методом максимальної правдоподібності. Тому одночасно формуються дві вибірки обсервованих координат, по кожній із яких розраховуються дисперсії координат кожної вибірки, в результаті чого можлива оцінка ефективності визначення координат.

Для проведення імітаційного комп'ютерного моделювання спочатку генерувалася вибірка похибок ЛП G_{1000} , числом 1000 членів, які розподілені за змішаним законом першого типу із завданням істотним параметром n ($n = 1 \div 6$), тобто

В залежності від значення істотного параметру n формувалася окрема вибірка, для чого використовувалась відповідна щільність змішаного закону розподілу другого типу [1], яка приведена в табл. 1.

Таблиця 1.
Щільності закону розподілу вірогідності похибок

Закон розподілу	Аналітичні вирази щільності
Змішаний 2-го типу n=1	$\frac{3\alpha^2}{\sqrt{24}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{5/2}}$
Змішаний 2-го типу n=2	$\frac{15\alpha^3}{\sqrt{216}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{7/2}}$
Змішаний 2-го типу n=3	$\frac{105\alpha^4}{\sqrt{296}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{9/2}}$
Змішаний 2-го типу n=4	$\frac{945\alpha^5}{\sqrt{2768}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{11/2}}$
Змішаний 2-го типу n=5	$\frac{10395\alpha^6}{\sqrt{27680}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{13/2}}$

Для кожної обсервованої позиції вибиралися вісім ЛП, по яким проводився розрахунок координат відносно істинного місця судна, тому переноси r_i ліній положення являються їх похибкам ξ_i , а напрямки градієнтів α_i відрізнялися на 45 градусів.

Для кожної обсервованої позиції із вибірки G_{1000} випадково вибиралися 8 значень похибки ξ_i , які використовувались, як переноси r_i , тобто $r_i = \xi_i$, і проводився розрахунок обсервованих координат. Розрахунок обсервованих координат методом найменших квадратів і методом максимальної правдоподібності детально розглянуто в роботі [2].

В якості прикладу приведемо результати розрахунку обсервованих координат для п'яти позицій по випадково вибраним восьми значенням похибки ξ_i розрахованих обома методами, які представлені в табл. 1. Згенеровано похибки, які розподілені за змішаним законом другого типу з істотним параметром n=2.

В першому рядку таблиці приведена нумерація похибок ЛП, у другому -

Таблиця 1

Результати розрахунку обсервованих координат позиції

1	N	1	2	3	4	5	6	7	8
2	α	0	45	90	135	180	225	270	315
3	ξ_i	-17,7	-10,0	-5,7	-1,4	1,2	2,5	6,8	11,6
4				МНК	$x=-7,6$	$y=-4,6$	ММП	$x=-7,1$	$y=-2,8$
5	ξ_i	-15,7	-8,0	-5,9	-0,7	0,9	3,1	7,4	13,4
6				МНК	$x=-7,8$	$y=-3,6$	ММП	$x=-6,9$	$y=-2,6$
7	ξ_i	-10,6	-7,6	-4,0	-1,7	0,7	4,4	7,6	15,2
8				МНК	$x=-8,0$	$y=-1,9$	ММП	$x=-6,7$	$y=-2,5$
9	ξ_i	-11,1	-4,7	-3,3	-0,7	1,0	4,4	9,0	16,8
10				МНК	$x=-7,8$	$y=-1,6$	ММП	$x=-6,1$	$y=-2,2$
11	ξ_i	-8,3	-5,4	-3,0	-0,2	2,0	4,1	8,3	27,6
12				МНК	$x=-9,4$	$y=-0,6$	ММП	$x=-5,4$	$y=-3,1$

значення напрямків градієнтів ЛП α . В рядках 3, 5, 7, 9 і 11 знаходяться вісім значень похибки ЛП для розрахунку координат кожної із п'яти позицій, а рядках 4, 6, 8, 10 і 12 приведені координати позиції, розраховані методом найменших квадратів (МНК) і методом максимальної правдоподібності (ММП). Також розраховані математичні очікування координат вибірки, з якої запозичені для прикладу похибки ξ_i , які становлять $MX_G = -7,5$ і $MY_G = -6,2$ для МНК та $MX_{Sm} = -6,3$ і $MY_{Sm} = -2,6$ для ММП.

На рис. 1 показано обсервовані позиції відносно математичного очікування, тобто $X_G = x - MX_G$ і $Y_G = y - MY_G$ для МНК та $X_{Sm} = x - MX_{Sm}$ і $Y_{Sm} = y - MY_{Sm}$ для ММП. Позиції розраховані методом найменших квадратів зображені на рисунку темно синім кольором, а темно червоний колір мають позиції, для розрахунку яких був використаний метод максимальної правдоподібності. З рисунку видно, що, по-перше, позиції розраховані різними методами не співпадають, по-друге, позиції, одержані МНК менш точні порівняно з позиціями, які розраховані ММП.

Імітаційне моделювання для перевірки достовірності аналітичної оцінки ефективності визначення координат було проведено розробленою комп'ютерною програмою, яка спочатку генерує вибірки випадкових похибок ЛП, які розподілені за змішаним законом другого типу із заданим значенням істотного параметру. Із згенерованої вибірки програмою проводиться випадковий вибір вісьмох похибок, по яким розраховує обсервовані координати методом найменших квадратів та методом максимальної правдоподібності. Після чого визначається дисперсія модуля векторіальної похибки при розрахунку координат обома методами. Модельна ефективність обсервованих координат ef_m розраховується, як ділення дисперсії від методу максимальної правдоподібності

на дисперсію застосуванням методу найменших квадратів.

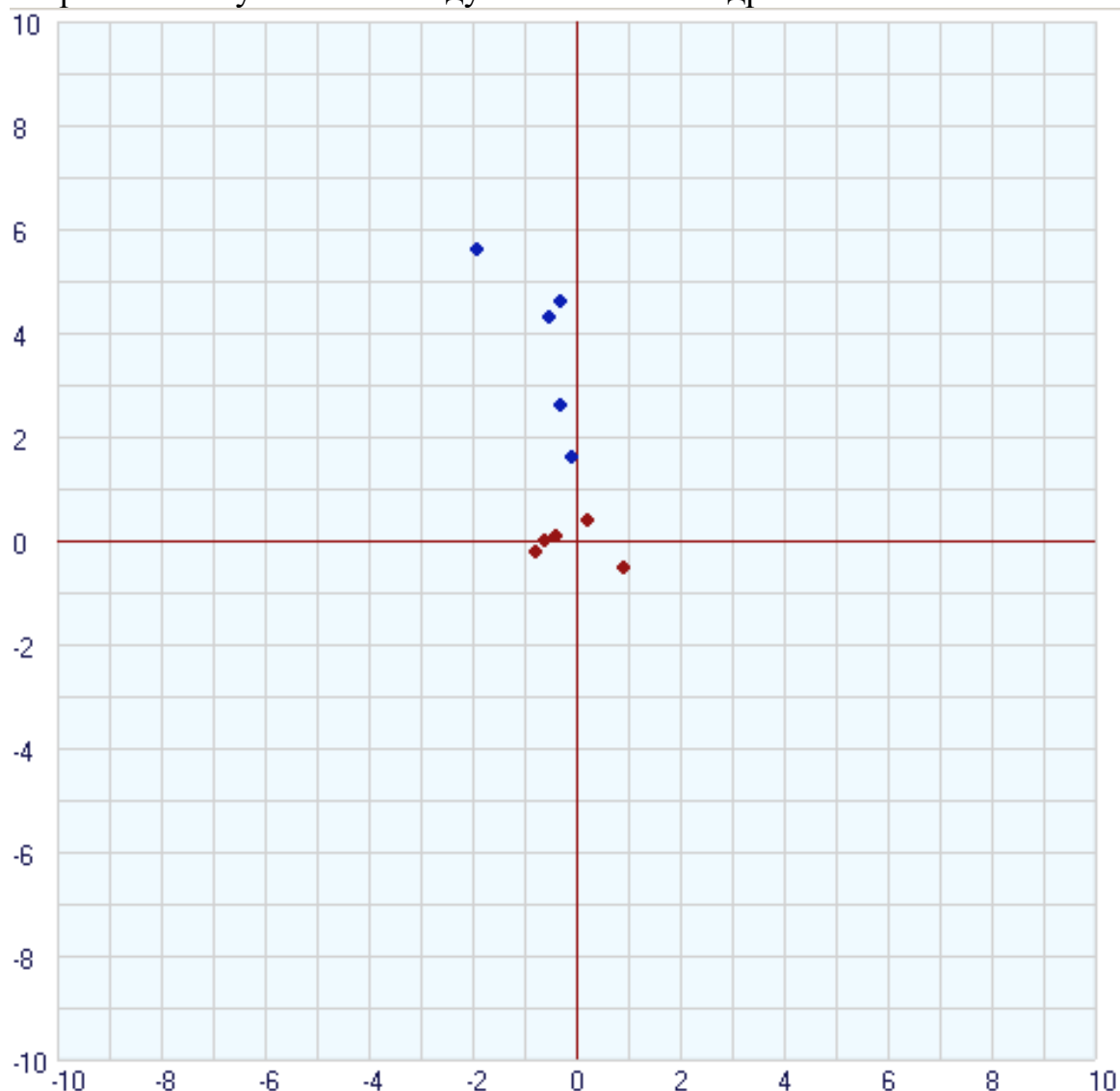


Рис. 1. Позиції наведеного прикладу
Власна розробка автора

Одночасно комп'ютерна програма за допомогою виразу (1) розраховує відповідну аналітичну ефективність ef_t .

Комп'ютерною програмою передбачено відображення змодельованих obserвованих позицій, що забезпечує можливість візуальної оцінки ступеню їх розсіювання при використанні обох методів розрахунку координат. Для графічного відображення використовувалося 1000 obserвованих позицій, а для розрахунку дисперсії - 2500. На рис. 2 - рис. 6. показані змодельовані obserвовані позиції судна і їх розсіювання відносного його істинного положення.

На лівій стороні кожного із рисунків відображені obserвовані позиції, які розраховані методом найменших квадратів (МНК) і мають темно синій колір, а права сторона рисунку ілюструє obserвовані позиції, для розрахунку координат яких використано метод максимальної правдоподібності (ММП), причому

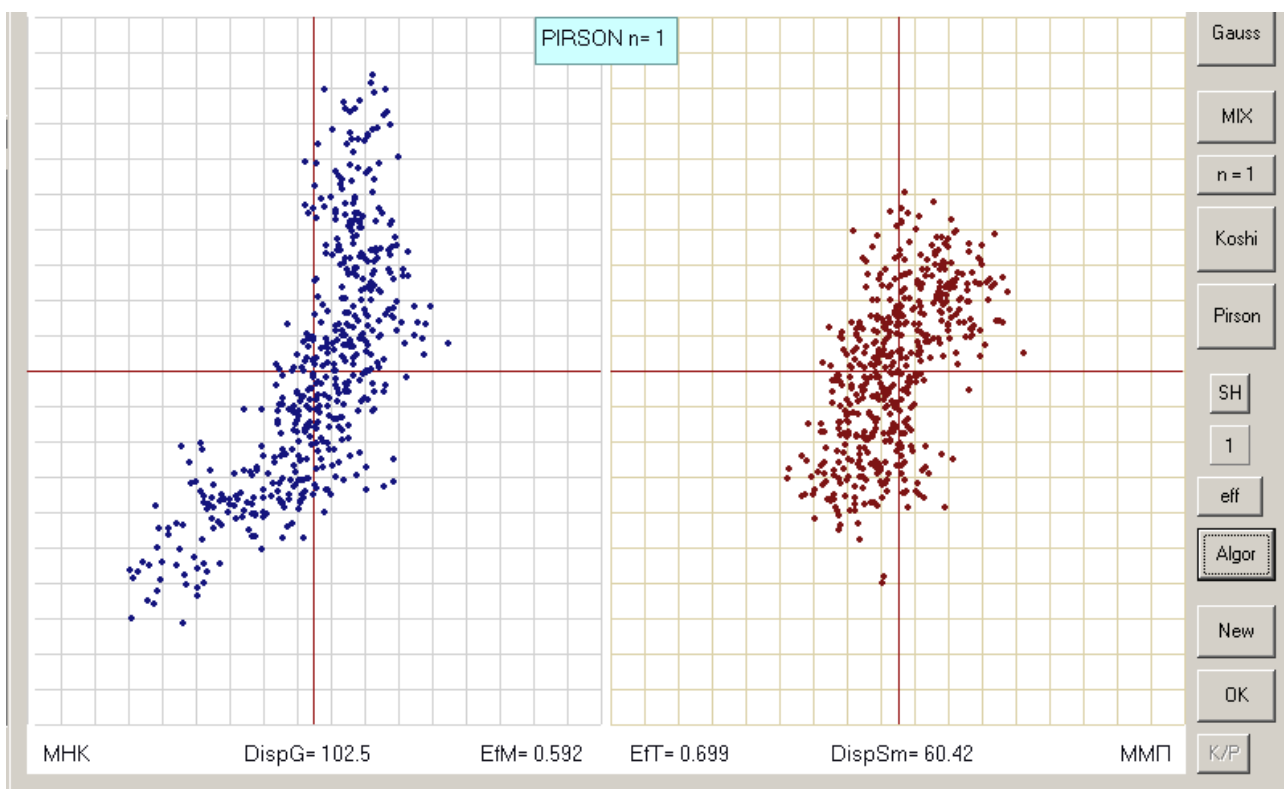


Рис. 2. Відображення модельних позицій для $n=1$
Власна розробка автора

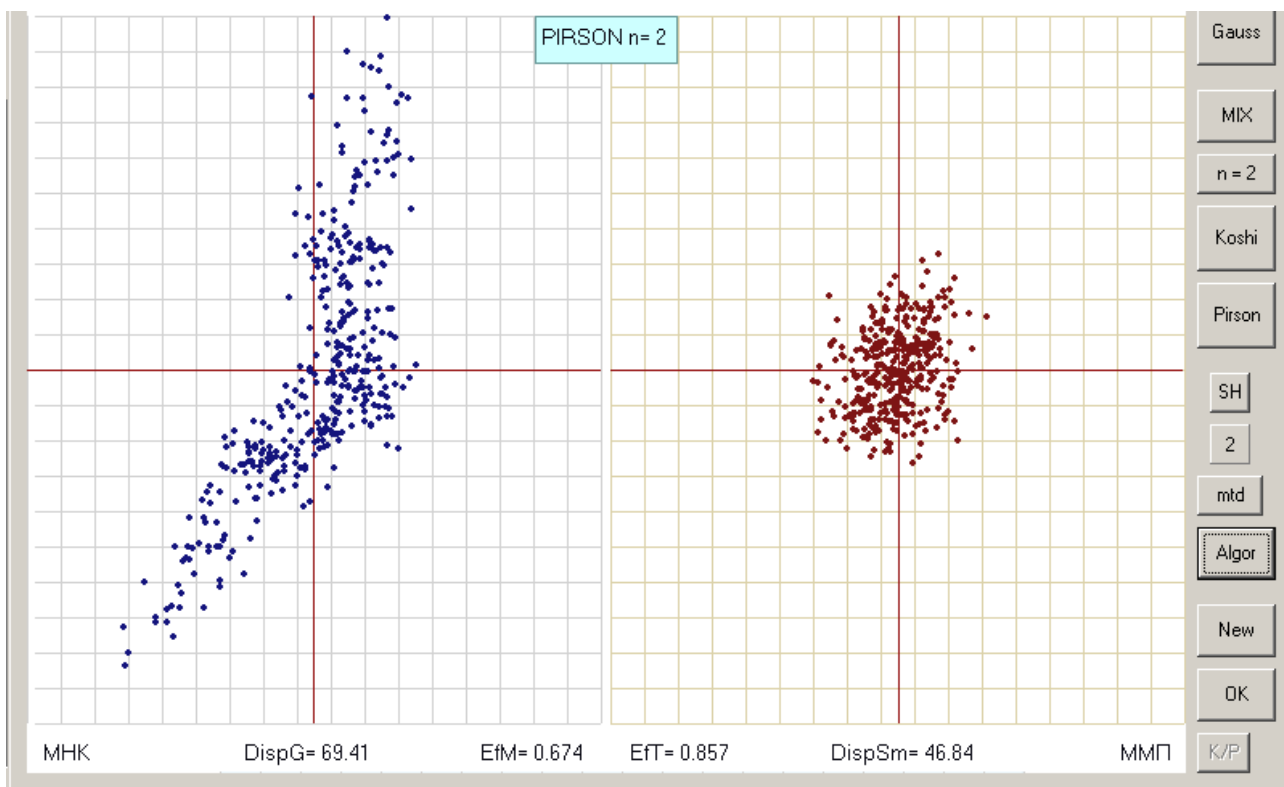


Рис. 3. Відображення модельних позицій для $n=2$
Власна розробка автора

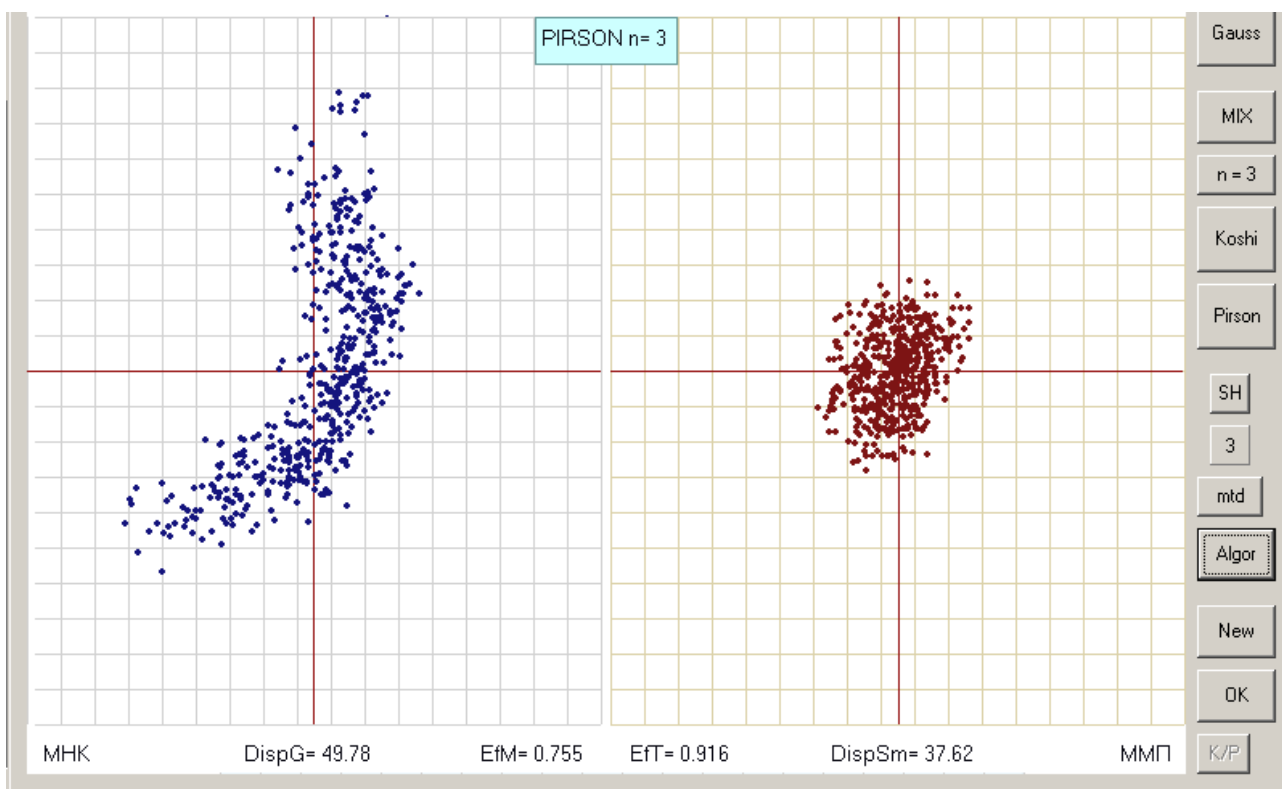


Рис. 4. Відображення модельних позицій для $n=3$
Власна розробка автора

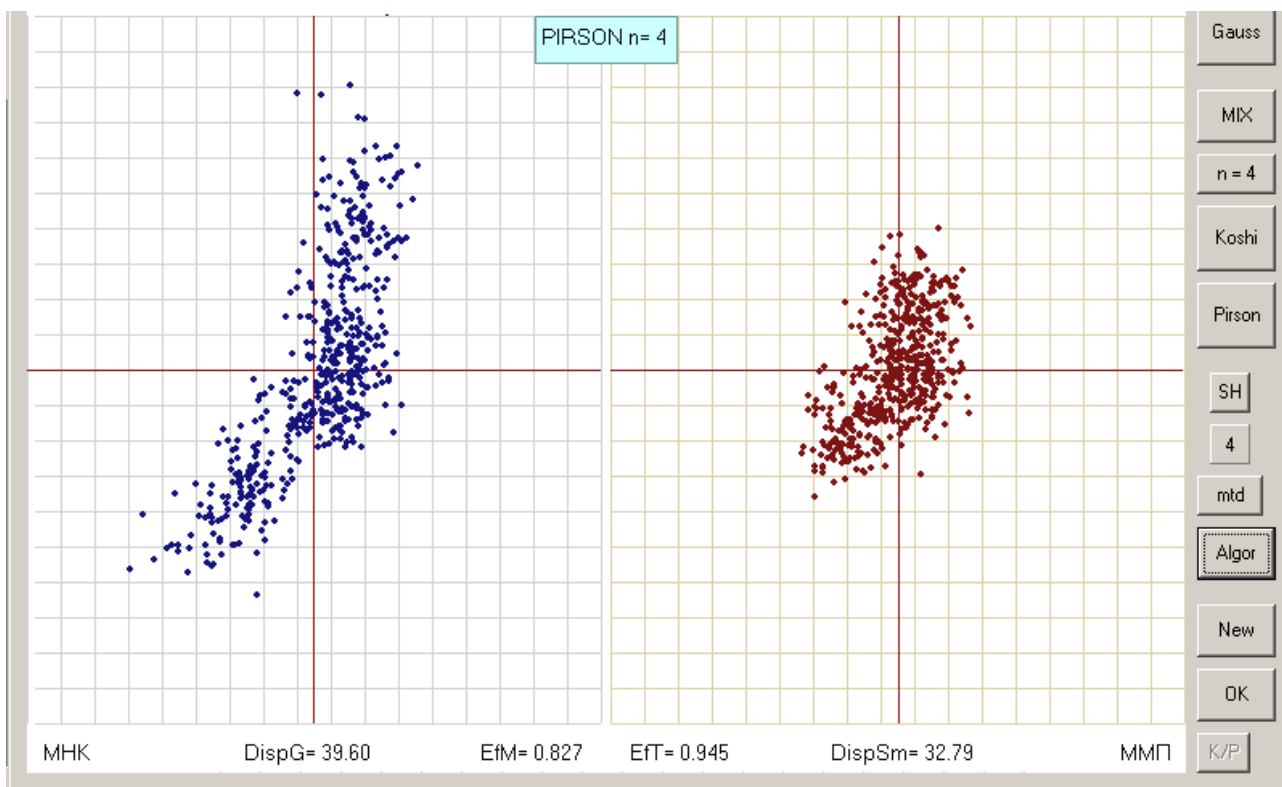


Рис. 5. Відображення модельних позицій для $n=4$
Власна розробка автора

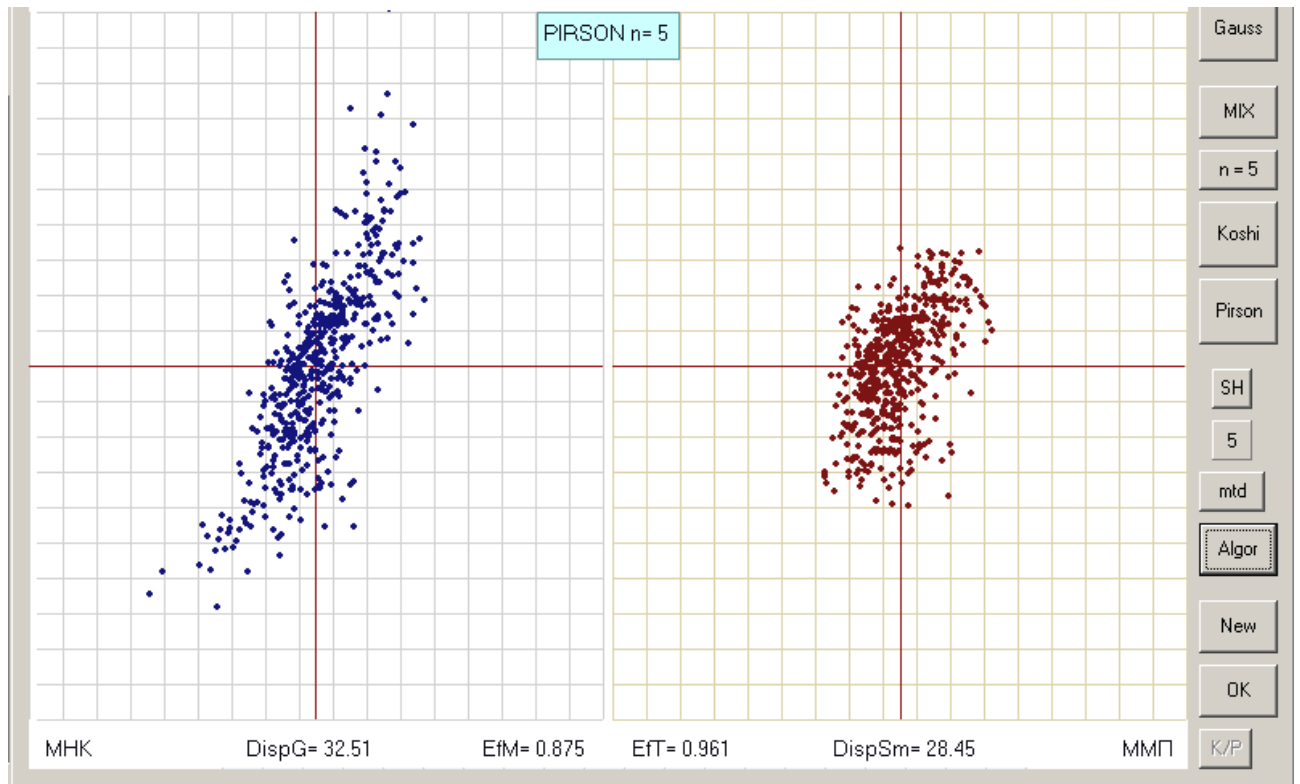


Рис. 6. Відображення модельних позицій для $n=5$
Власна розробка автора

позиції забарвлені в темно червоний колір. На кожному із рисунків відображено обсервації для розподілу похибок ЛП за змішаним законом другого типу (Пірсона) із значенням істотного параметру n від 1 до 5. На рисунках також приведені розраховані дисперсії модуля векторіальної похибки $DispG$ при використанні для розрахунку МНК і $DispSm$ в разі застосування ММП. Дисперсія $DispG$ для всіх значень істотного параметру має більші значення, ніж дисперсія $DispSm$, що співпадає із ступенем розсіяння обсервацій, розрахованих обома методами.

В табл. 2 приведені результати моделювання, причому в другому рядку представлено значення ефективності ef_t , які розраховані за виразом (1).

Таблиця 2.

Ефективність змішаного розподілу другого типу

m	1	2	3	4	5
ef_t	0,7	0,857	0,916	0,945	0,961
ef_m	0,592	0,674	0,755	0,827	0,875
$\Delta\%$	15,4	21,3	17,5	15,1	14,8

В останньому рядку таблиці приведена відсоткова відмінність $\Delta\%$ між значеннями ефективностей ef_t і ef_m . Аналіз таблиці показує гарну збіжність теоретичних і змодельованих значень ефективностей в разі розподілу похибок ЛП за змішаним законом розподілу другого типу.

Графічне відображення співвідношення ефективностей ef_t і ef_m приведено на рис. 7.

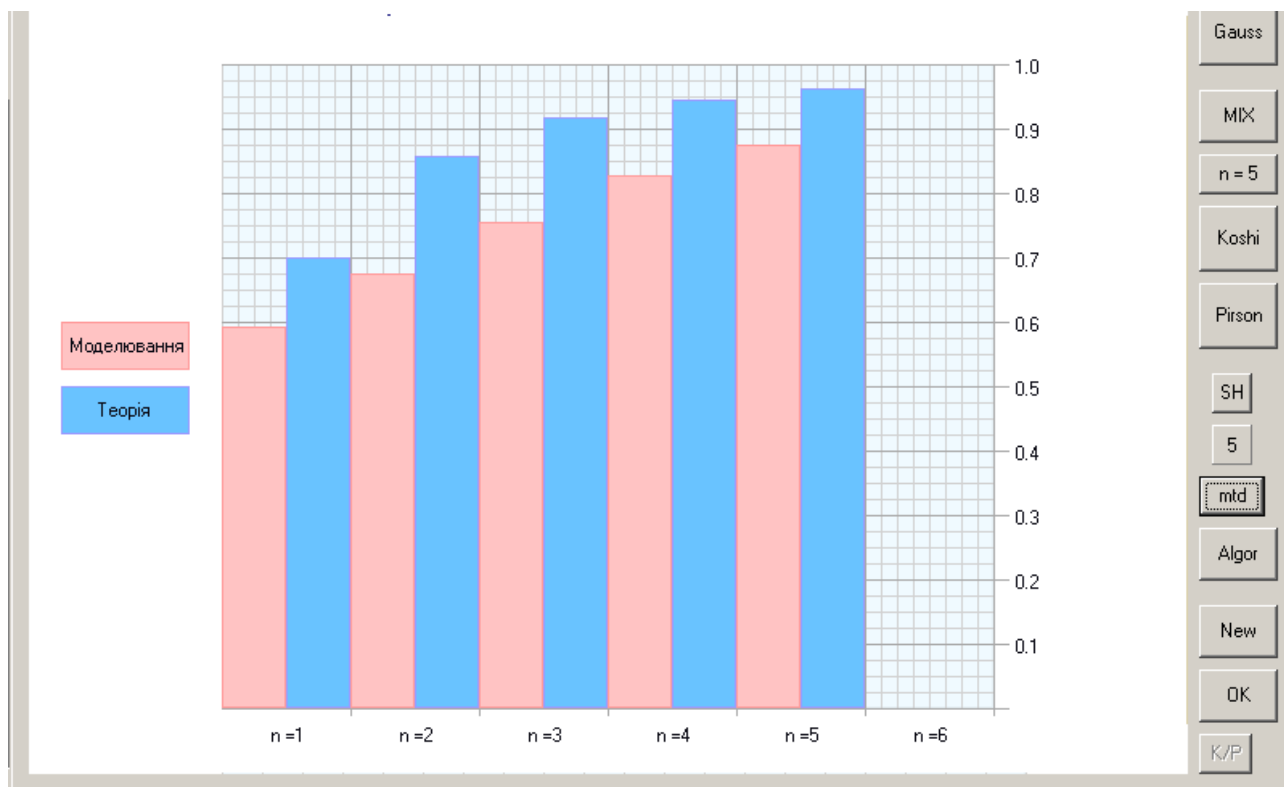


Рис. 7. Ефективності ef_t і ef_m для змішаного закону другого типу
Власна розробка автора

Таким чином, в роботі показано, що аналітичний вираз (1) для визначення ефективності координат розрахованих методом найменших квадратів в разі розподілу похибок ЛП за змішаним законом другого типу являється коректним, що підтверджується імітаційним комп'ютерним моделюванням. Розбіжність між модельними і аналітичними значеннями ефективності не перевищують 21,3 відсотка, що з урахуванням стохастичного характеру модельної ефективності є допустимим результатом.

Список літератури

1. Д.В Астайкин., В.Е Сикирин., И.И Ворохобин. и Б.М Алексейчук, *Оценка точности координат судна при избыточных измерениях.* Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

2. Б. Алексейчук , " Результати імітаційного моделювання оцінки ефективності визначення координат в разі розподілу похибок за змішаним законом", In XIV International Scientific and Practical Conference "Features and trends of interdisciplinary scientific research", 07-10 April, 2026, pp. 165-174.

The authors of the XVI International Scientific and Practical Conference «Digital technologies and developments: problems of their use and achievements» were representatives of the following educational institutions:

T. Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts; National University “Kyiv Aviation Institute”; Baku State University; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Lviv Polytechnic National University; Georgian Technical University; Kyiv National Economic University; Khmelnytskyi National University; V. N. Karazin Kharkiv National University; Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Information Technology; Dnipro State Medical University; Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics; Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University; Bukovinian State Medical University; Odesa National University of Technology; National University of Food Technologies; O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv; Luhansk Taras Shevchenko National University; Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University; Leonid Yuzkov University of Management and Law; Kharkiv National University of Internal Affairs; Lviv State University of Internal Affairs; Taras Shevchenko National University of Kyiv; Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University; Izmail State University of Humanities; Odesa National Maritime University; Odesa I. I. Mechnykov National University; Astana Medical University; Karaganda Medical University; S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Kazakhstan-Russian Medical University; Bogomolets National Medical University; Shupyk National Healthcare University of Ukraine; Institute of General Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine; Zhytomyr Polytechnic State University; Lviv Polytechnic National University; Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies and others.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND ACHIEVEMENTS

Scientific publications

Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference
«Digital technologies and developments: problems of their use and achievements»,
Hamburg, Germany. 233 p.
(April 21-24, 2026)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-90214-549-3

DOI – 10.46299/ISG.2026.1.16

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).

Illustrations © 2026 by the International Science Group.

Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©

Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Zholdasbek G.A. The cultural integrative significance of international symposia in world fine arts (on the example of cooperation among artists from Turkic-speaking countries). Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference. Hamburg, Germany. 2026. Pp. 9-15
URL: <https://isg-konf.com/digital-technologies-and-developments-problems-of-their-use-and-achievements/>