

**DIGITAL TRANSFORMATION  
IN THE INFORMATION  
SOCIETY**



# **DIGITAL TRANSFORMATION IN THE INFORMATION SOCIETY**

*Monograph*

*Editors: Tetyana Nestorenko,  
Aleksander Ostenda*

**The University of Technology in Katowice Press**

**2026**

### **Editorial board :**

*Maryna Azhazha – DSc, Professor, Zaporizhzhia National University, Ukraine*  
*Nadiya Dubrovina – CSc., PhD, Associate Professor,*  
*Bratislava University of Economics and Management, Slovakia*  
*Dominika Kalita – Academy of Silesia*  
*Oleksandra Mandych – DSc, Professor, State Biotechnological University, Ukraine*  
*Ernest Murtaziiev – PhD, Associate Professor,*  
*Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Ukraine*  
*Oleksandr Nestorenko – PhD, Academy of Silesia*  
*Tetyana Nestorenko – PhD, Professor AS, Academy of Silesia;*  
*Associate Professor, Berdyansk State Pedagogical University, Ukraine*  
*Aleksander Ostenda – PhD, Professor AS, Academy of Silesia*  
*Iryna Ostopolets – PhD, Associate Professor,*  
*Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University, Ukraine*  
*Natalia Ryzhikova – DSc, Professor, State Biotechnological University, Ukraine*

### **Scientific reviewers :**

*Slawomir Sliwa – Professor ANS-WSZiA, DSc, Academy of Applied Sciences –*  
*Academy of Management and Administration in Opole*  
*Iryna Yemchenko – DSc, Professor, Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

The authors bear full responsibility for the text, data, quotations, and illustrations.

Copyright by Academy of Silesia, Katowice, 2026

**ISBN**

**DOI:**

### **Editorial compilation :**

The University of Technology in Katowice Press  
43 Rolna str., 40-555 Katowice, Silesia Province, Poland  
tel. (32) 202 50 34; fax: (32) 252 28 75  
email: kontakt@wydawnictwo.wst.pl  
www.akademiaslaska.pl, www.wydawnictwo.wst.pl

## TABLE OF CONTENTS:

<b>Preface</b>	6
<b>Chapter 1. Anthropocentric Orientations in the Digital Paradigm of Contemporary Education</b>	8
1.1. Digital environment of business financial management and analytical solutions	8
1.2. Implementation of STEAM projects through cloud services in technology teacher preparation in higher pedagogical education	15
1.3. The informational worldview as a new form of understanding reality: an attempt at interpretation from the perspective of Dilthey and Jaspers	23
1.4. The evolutionary triunity of Ukrainian education: instruction ↔ upbringing ↔ development	30
1.5. Methodological principles for the use of adaptive physical education for individuals with intellectual disabilities	37
1.6. Methodology of using ai in the study of Ukrainian language and literature	45
1.7. The digitalization of education in the context of the formation of an information society: challenges and prospects	51
1.8. The role of resilience in the learning of medical students	58
1.9. Dance-movement therapy as a means of psychological rehabilitation after a traumatic experience	65
1.10. Development of Information and digital competence of future physics teachers in the context of digital transformation of education	71
<b>Chapter 2. The Digital Economy, Management, and Innovative Leadership Models</b>	77
2.1. Assessment of positive developments in vocational education in the context of the digital economy and information society	77
2.2. AI-enhanced public value management in healthcare: from fuzzy triage to multi-criteria policy optimization	84
2.3. Digital transformation of financial management systems with the involvement of innovative tools	88
2.4. Innovative management and transformation of accounting and taxation systems in the digital economy	96
2.5. Features of population preparedness for emergency situations	104
2.6. Algorithmic contracts	112
2.7. Scientific and methodological foundations of engineering protection of nuclear power plants against cascading accidents	120

2.8. Scientific approaches to the restoration of damaged buildings considering their residual service life	130
2.9. The transformation of small and medium-sized enterprises under the influence of artificial intelligence technologies	137
2.10. The impact of group dynamics on the effectiveness of programmers' teamwork	145
<b>Chapter 3. Sectoral Dimensions of Digitalization: Tourism, Sport, and Immersive Technologies in Culture</b>	149
3.1. Digital painting in art education	149
3.2. The digital transformation of sightseeing tourism in the Volyn region: innovative approaches and prospects for development	155
3.3. Development of a method for merging data into a single representation space that preserves semantic information	162
3.4. Digital directions for the development of financial management in the insurance sector	175
3.5. Gamification and digitalization of mass sports as a factor in engaging the population in physical activity	182
3.6. AR/VR technologies in art and publishing: from printed media to immersive experience	188
3.7. Innovative information technologies in the system of training physical education and sports specialists	196
3.8. An analysis of the implementation of smart tourism in touristic clusters	203
3.9. Features of medical tourism innovative development in the digital world	219
<b>Annotation</b>	226
<b>About the authors</b>	236

## PREFACE

The contemporary global landscape is defined by an unprecedented pace of technological evolution, signalling the definitive maturation of the Information Society. At the core of this epochal shift is digital transformation – a process that extends far beyond the mere adoption of novel software or the automation of routine tasks. Rather, it represents a fundamental, structural reconfiguration of socioeconomic paradigms, cultural dynamics, and educational frameworks. As artificial intelligence, cloud computing, immersive technologies, and advanced data analytics seamlessly integrate into the fabric of daily life, they redefine how knowledge is produced, how economies operate, and how human potential is realized.

This collective monograph, titled "Digital Transformation in the Information Society", serves as a multidisciplinary platform designed to explore, analyse, and synthesize the multifaceted dimensions of this digital reality. Bringing together diverse scholarly perspectives, the volume investigates how digital imperatives intersect with human-centric education, agile economic management, and evolving sectoral innovations. The overarching objective of this work is to bridge theoretical insights with empirical applications, offering a comprehensive roadmap for navigating the complexities of a digitized world.

The structural architecture of the monograph is organized into three interrelated sections, each addressing a critical pillar of the modern information ecosystem.

The first chapter, "Anthropocentric Orientations in the Digital Paradigm of Contemporary Education", grounds the monograph in the human element, examining the profound shifts within pedagogical theory and practice. Positioned at the intersection of technological advancement and humanistic values, this section explores how digitalization reshapes educational ecosystems while striving to maintain an anthropocentric focus. Contributions within this chapter address the strategic challenges and prospects of forming an information society, emphasizing the evolutionary triad of Ukrainian education: learning, upbringing, and holistic development.

Special attention is dedicated to the cultivation of digital competencies among future educators – specifically in physics and technology – through innovative frameworks like cloud-based STEAM projects and the integration of artificial intelligence in humanities education, such as Ukrainian language and literature. Furthermore, recognizing that technological shifts do not occur in a vacuum, this section critically addresses human resilience, psychological well-being, and inclusivity. Scholars delve into the role of resilience in medical education, the application of dance-movement therapy as a tool for trauma rehabilitation, and contemporary trajectories for volunteering dedicated to individuals with special educational needs.

The second chapter, "The Digital Economy, Management, and Innovative Leadership Models", transitions from pedagogical frameworks to the structural adaptations required in business, governance, and organizational management. As the digital economy accelerates, traditional operational models are becoming obsolete, necessitating the emergence of innovative leadership and agile systems. This section evaluates positive developments in vocational education tailored to the demands of the digital market and investigates the formation of digital competencies for future leaders within the vibrant ecosystem of entrepreneurial universities.

The paragraphs within this section critically analyse the transformation of core business functions, including accounting, taxation, and the legal complexities of algorithmic contracts. Emphasis is placed on the strategic adaptation of small and medium-sized enterprises (SMEs) under the disruptive influence of artificial intelligence. Additionally, the section explores the internal mechanics of technical teams – such as the impact of group dynamics on the efficiency of software programmers – and extends its reach into AI-enhanced public value management within healthcare, demonstrating the power of fuzzy triage and multi-criteria policy optimization.

The final chapter of the monograph, "Sectoral Dimensions of Digitalization: Tourism, Sport, and Immersive Technologies in Culture", offers a granular look at how digitalization manifests across specific sectors that are vital to human culture, physical well-being, and regional economies. It captures the transition from physical media to immersive, data-driven experiences. In the realm

of tourism, contributors analyse the digital transformation of sightseeing tourism in specific regions, such as Volyn, alongside the broader implementation of smart tourism within regional clusters and the innovative development of medical tourism in a globalized digital world.

This section also illuminates the intersection of technology and physical culture, exploring how gamification and digital tools act as catalysts for public engagement in mass sports, alongside the integration of advanced information technologies in training physical education specialists. Finally, the volume culminates in an exploration of digital art and immersive experiences, analysing digital painting in art education, the deployment of AR/VR technologies from print media to publishing, and the development of sophisticated data fusion methods designed to preserve semantic information within a unified digital space.

In synthesis, the monograph "Digital Transformation in the Information Society" provides a panoramic yet deeply detailed examination of the digital currents shaping our current era. By intertwining education, economics, and sectoral innovations, this monograph underscores a vital truth: while technology acts as the primary catalyst for change, the ultimate success of digital transformation relies on our ability to align these tools with human values, societal resilience, and strategic vision. We hope that the insights compiled herein will stimulate further academic discourse, inspire innovative teaching practices, and guide policymakers and industry leaders toward a sustainable, inclusive digital future.

Editors

# Chapter 1. ANTHROPOCENTRIC ORIENTATIONS IN THE DIGITAL PARADIGM OF CONTEMPORARY EDUCATION

## 1.1. DIGITAL ENVIRONMENT OF BUSINESS FINANCIAL MANAGEMENT AND ANALYTICAL SOLUTIONS

**Introduction.** Financial management of Ukrainian businesses increasingly works not with final reporting, but with a flow of events. The client places an order on the website. Payment is made through a bank or payment service. The manager approves the invoice. The warehouse records the movement of goods. The electronic document management service transfers the act. The data enters the accounting program, spreadsheet or ERP. After that, the financial manager must answer practical questions: will there be enough funds to pay suppliers; which client is delaying payment; which channel gives profit; which expense item needs to be reviewed; whether it is possible to accept a new order without additional financing. In the absence of a single digital environment, such issues are resolved slowly. Data exists in different programs, emails, instant messengers, bank files and spreadsheets. The finance team spends time on reconciliation, not on explaining the reasons and preparing a solution. Therefore, the digitalization of the financial system of business management should be assessed not by the fact of the presence of a program, but by whether the path from an economic event to a financial decision is shortened.

The official methodology of the State Statistics Service of Ukraine on the use of information and communication technologies at enterprises defines the purpose of such observation as the formation of information on the implementation of digital technologies by enterprises for the analysis of the development of ICT and e-commerce (*State Statistics Service of Ukraine, 2024, p. 5*). The methodological provisions list indicators on enterprise access to the Internet, employee access, web resources, e-commerce, business software, cloud computing, artificial intelligence and digital intensity (*State Statistics Service of Ukraine, 2024, pp. 5-11*). Such a system of indicators provides a good basis for analyzing financial management, because each of them has a financial consequence: it affects revenue, expenses, speed of document flow, forecast accuracy or risk control.

Ukrainian business is rapidly forming the basis for the digital economy, but has not yet transformed it into a full-fledged financial management environment (*State Statistics Service of Ukraine, n.d.*), this gap is the initial problem of the study.

*The purpose of the study* is to substantiate the digital directions of development of the financial system of business management based on official statistical data, conference presentation materials and modern research in the field of financial digitalization. The study plans to determine the place of digital tools in financial management, systematize statistical data on the digital maturity of Ukrainian business, show the connection between digital channels, internal systems and financial solutions, to suggest directions in which an enterprise can develop financial management without formal and simulated digitalization.

**Main material.** The financial system of business management in a digital environment consists of three components. The first is operational data, including sales, payments, inventories, contracts, invoices, acts, salaries, taxes, loans, receivables. The second is financial methodology and rules for recognizing income and expenses, responsibility centers, budgets, limits, payment calendar, internal reporting. The third is an analytical solution, liquidity forecast, margin assessment, payment priorities, cost control, investment plan, risk assessment. If there is no connection between them, an enterprise may have a good Internet, a website and several programs, but financial decisions will still be formed manually. On the contrary, even a moderate set of digital tools gives a strong managerial effect if the data follows a certain route and has a responsible owner.

McKinsey, in its paper on building a digital finance function, emphasizes that finance teams should become more focused on future solutions, work with scenarios, and use data for business resilience (Fasciana, & Jensen, 2023). In its Finance 2030 study, McKinsey points to the need to shift the role of finance from transaction processing to analytics, planning, and decision support (Agrawal

et al., 2020). For Ukrainian businesses, this approach is especially important, as military risks, changes in demand, logistical constraints, and cost fluctuations require frequent revisions to financial plans.

The first area of development is a digital financial database (*State Statistics Service of Ukraine*, n.d.). In 2024, 33547 enterprises had access to the Internet, which was 93,8% of the surveyed enterprises; 30540 enterprises had fixed access. The share of enterprises with Internet access increased from 88,0% in 2018 to 88,8% in 2023 and 93,8% in 2024. For financial management, this means that the technical capability to work with electronic documents, online banking, cloud services, and reporting is almost complete. However, an enterprise's access to the network does not yet guarantee employee participation in digital processes. In 2024, 1104748 employees had access to the Internet as part of their professional activities, which was 35,5% of those employed in the surveyed enterprises. In 2018, this figure was 27,1%, in 2023 – 32,8%, in 2024 – 35,5%. The gap between enterprise connectivity and employee access is important for finance: reporting and control cannot rely on data that is entered late or passes through a narrow group of users. The second direction is digital revenue channels. A financial manager cannot analyze revenue without understanding the channel in which it arose. According to the presentation, in 2024, 38,2% of enterprises had their own website, 30,0% used social media, and 3,2% of enterprises had mobile applications. From a financial point of view, a website or page on social networks is not just a means of communication. It is the point where demand is formed, contact with a client is registered, an order is made, the cost of customer acquisition changes, and information for sales forecasting is generated. Data on the functionality of websites show that the digital presence of Ukrainian businesses often remains informational. Descriptions of goods, services, and prices were posted by 33,3% of enterprises; online orders or reservations were 11,5%; personalization – 10,2%; order tracking – 9,3%; chat support – 6,9%. This is an important signal for financial management. While the website serves as an electronic business card, it does little to help plan cash flows. When a website records orders, payments, status, returns, and customer inquiries, it becomes part of the financial contour of the enterprise. The third direction is e-commerce as a source of financial data. In 2024, 3033 enterprises made sales through e-commerce, which was 8,7% of the surveyed enterprises; in 2018, the share was 5,0%, in 2023 – 6,9%. E-commerce turnover in 2024 amounted to 657.5 billion UAH, in 2023 – 547,6 billion UAH, in 2018 – 228,0 billion UAH; over six years, the volume of online sales increased by 2,9 times. The share of e-commerce in the total business turnover in 2024 was 5,8%.

For financial management, e-commerce has a double value. It generates revenue, but more importantly, it creates structured data: order date, referral source, amount, payment method, delivery, return, repeat purchase, shopping cart, average check. Such data helps to plan revenue, assess channel margins, control advertising costs, and compare the cost of customer acquisition with actual profit. If a company uses online sales without financial analytics, it sees the sales amount but loses understanding of the channel's profitability.

The fourth direction is internal digital systems. According to the presentation, in 2024, Big Data was used by 21,4% of companies, EDI by 17,6%, ERP systems by 15,2%, cloud services by 13,7%, CRM – 7,4%; 23,5% of enterprises reached the basic level of digital intensity. Indicators show that Ukrainian business has advanced in data analytics and electronic exchange, but systematic resource and customer management still has limited distribution. An ERP system is needed by finance not as a large program, but as a single language of operations. It connects a contract, an invoice, a warehouse, a payment, an expense, an income, a responsibility center and a report. Without ERP or its functional analogue, the finance department often works with files that do not have a common status. CRM is important for finance because the customer base, contact history, applications, rejections and repeat sales affect the revenue forecast, credit limits, work with receivables and the marketing budget. EDI reduces manual work with documents and helps maintain the accuracy of mutual settlements. KPMG in its material on the digital acceleration of finance includes ERP, EPM solutions, data management, RPA, artificial intelligence, machine learning, visualization and advanced analytics in the set of financial digital tools (*KPMG*, 2023, p. 1). For an enterprise, this

set makes practical sense when each tool takes place in the financial cycle. ERP collects facts. EPM or budget module forms a plan. BI explains deviations. RPA removes repetitive actions. AI helps prepare explanation options, but does not cancel the responsibility of the financier.

Another important direction is analytics and artificial intelligence. In 2024, artificial intelligence was used by 5,2 % of enterprises, BI solutions – by 3,9 %, with a basic level of digital intensity of 23,5 % (*State Statistics Service of Ukraine*, n.d.). These figures show that most enterprises have not yet switched to an analytical management model. In the financial sector, such a transition is needed to forecast cash flows, find unusual payments, assess the risk of late payment, analyze margins, prepare scenarios and control costs.

ACCA and Chartered Accountants ANZ note that financial systems are moving from historical reports to scenarios and forecasts, and also use financial and non-financial data to support decisions (*ACCA & Chartered Accountants ANZ*, 2020, pp. 8; *ACCA & Chartered Accountants ANZ*, 2020, pp. 15). This approach meets the needs of Ukrainian enterprises, because the financial analyst works with data on demand, logistics, personnel, currency, payment and customer behavior. A report for the past month does not give the answer if you need to determine whether there will be enough funds in two weeks or which sales channel should be limited.

The study shows the gap between small, medium and large businesses. Large enterprises have ERP in 37,7% of cases, small ones – in 12,0%; CRM, respectively, 18,7% and 5,8%; AI – 7,5% in large and 4,7% in small ones; websites – 64,8% in large and 33,5% in small (*State Statistics Service of Ukraine*, n.d.). For financial management, this means different starting positions. Large businesses can build complex planning, consolidation and control systems. Small businesses more often start with an online bank, electronic document management, simple CRM, cloud accounting and payment calendar. Both models can be effective if the solution corresponds to the scale of the enterprise.

Summarizes the digital indicators of Ukrainian business and their financial significance in Table 1.

*Table 1. Digital indicators of Ukrainian business and their connection with financial management, in 2024*

Indicator	Value	Significance for financial management
Enterprises with Internet access	93,8 %	Base for electronic documents, online banking, cloud services
Enterprises with fixed Internet	30540 units	Stable operation of accounting and payment systems
Employees with Internet access in professional activities	35,5 %	Staff participation in digital financial processes
Companies with a website	38,2 %	Digital channel for sales, service and customer data collection
Companies with online ordering or booking	11,5 %	Direct connection between demand, payment and revenue forecast
Companies selling through e-commerce	8,7 %	Source of structured data on sales and payment
E-commerce turnover	657,5 billion UAH	Base for analyzing online revenues and channel margins
Share of e-commerce in total turnover	5,8 %	Assessment of the weight of the digital channel in the cash flow of the business
Use of Big Data	21,4 %	Analytics of demand, inventory, costs and risks
Use of EDI	17,6 %	Reduction of manual document exchange and reconciliation
ERP usage	15,2 %	Common base for accounting, planning, budgets and control
CRM usage	7,4 %	Analysis of customers, sales, receivables
BI usage	3,9 %	Dashboards, scenarios, management reporting
Artificial intelligence usage	5,2 %	Forecasting, classification of operations, search for atypical deviations

*Source: compiled by the authors based on data from the (State Statistics Service of Ukraine, 2024)*

The data in Table 1 show that the main problem of financial digitalization of Ukrainian business is not the lack of Internet access. It arises at the stage of transition from connection to management. Enterprises have a technical entrance into the digital environment, but tools that directly affect the financial quality of decisions are spread more slowly: ERP – 15,2%, CRM – 7,4%, BI – 3,9%, AI – 5,2%. This ratio explains why the finance team in many companies continues to rely on manual reconciliations.

To develop a financial management system, an enterprise can apply a sequential model. The first step is to describe the data flow, where the revenue comes from, who confirms the payment, where the invoice is stored, how the debt gets into the report, how the budget is updated. The second step is to identify critical financial events, in particular, sale, payment, overdue, exceeding the limit, price change, return, manual adjustment. The third step is to choose a digital tool for a specific event. The fourth step is to introduce control. The fifth step is to measure the effect in terms of time, errors, forecast accuracy, the share of automatic operations, and the quality of the management decision. In this model, financial management does not dissolve in IT. On the contrary, the financial function sets the data requirements. It determines which fields are required in the order, how to classify costs, how to build responsibility centers, how to calculate the margin, how to form a payment calendar, how to separate the plan from the fact. The IT department or an external supplier provides technical implementation. The final responsibility for financial interpretation remains with the finance team.

E-commerce requires special attention. The turnover of UAH 657,5 billion in 2024 shows that the online channel already has financial weight (*State Statistics Service of Ukraine*, n.d.). However, for management, it is not the total amount that is important, but the structure: what goods are sold online, what is the share of returns, what is the commission for payment services, what is the cost of delivery, how much does it cost to attract a buyer, what is the average term for crediting funds. Without such data, a company can increase online sales and lose margins at the same time. BI and AI (*State Statistics Service of Ukraine*, n.d.) are most useful when the company already has streamlined accounting and processes. The low penetration of BI solutions – 3,9% – indicates that management analytics has not yet become a typical practice. Artificial intelligence with a rate of 5,2% is spreading a little more actively, probably due to the availability of cloud services. However, AI without high-quality data can give convincing but erroneous conclusions. This is dangerous for financial management, because an error in liquidity forecasting or assessing customer risk has a direct monetary price.

The OECD in its Digital Economy Outlook 2024 notes that data-dependent technologies, in particular AI, are spreading more slowly than basic digital tools and are often concentrated in large companies (*OECD*, 2024, pp. 100-103). Ukrainian data confirm this pattern: Internet access is almost universal, and analytical solutions have a much smaller share of use. Therefore, future development is not about increasing the number of digital channels, but about deepening the connection between data and financial solutions. An important task is the financial security of the digital environment. Online banking, electronic signature, cloud accounting, CRM and BI panels create new risk points. Financial management should include access rules, backups, double confirmation of critical payments, control of changes in counterparty details, restriction of access to payroll and client data, and audit of user actions. If the speed of the digital process is not accompanied by control, the risk of error or fraud increases.

The effect of digital development of financial management should be measured through specific indicators, such as, for example, the deadline for closing the month; the share of payments matched automatically; the number of duplicate counterparties; the time of account reconciliation; the accuracy of cash flow forecasts; share of overdue receivables; number of manual adjustments; time to prepare a management report; share of revenue from digital channels; margin of online sales. Without such measurements, digitalization easily turns into an expense item without managerial return.

In a strategic dimension, the digital environment is changing the nature of financial management. The finance function is gradually moving closer to the decision-making center, where future revenues, risks, capital needs, the sustainability of the business model and the ability

of the enterprise to remain solvency under different scenarios are assessed. Digital tools in this case are important not as technical means, but as a basis for managing choices.

Strategic financial management in a digital environment begins with the question not of how much the enterprise earned in the past period, but of what solutions are capable of supporting its future financial sustainability. It is about the ability to assess the consequences of a management step before it becomes a fact in the accounting system. For example, a change in pricing policy affects not only revenue, but also demand, margin, inventory turnover, customer payment discipline and the need for working capital. The expansion of online sales changes the structure of revenues, but also adds costs for promotion, payment commissions, logistics, returns, customer support. Without digital analytics, such connections often remain invisible. Scenario planning is particularly valuable for strategic financial management. It allows an enterprise to evaluate not one forecast, but several possible development options. In a stable environment, the budget often acts as a financial plan. In conditions of high uncertainty, it should become a model for managing choices. An enterprise can compare scenarios regarding demand, costs, payment terms, exchange rates, access to credit, raw material costs, and customer behavior. Digital tools make it possible to quickly calculate the consequences of such changes for cash flows, profits, and financing needs.

The strategic level of financial management is also related to resource allocation. In a digital environment, the finance team needs to see which areas of the business create sustainable profits, which need to be revised, and which consume a lot of resources without sufficient return. This applies to products, customer groups, sales channels, regions, projects, and divisions. Data helps to move from the overall profit indicator to assessing the contribution of each area. Then the strategic decision to develop, reduce or change the format of the activity is based not on intuition, but on financial justification. Capital management occupies a special place. An enterprise in the digital economy needs funds not only for purchases, production or salaries. It finances data, software solutions, cyber security, personnel training, system integration, and customer service support. Such expenses do not always give an immediate financial result, but affect the future ability of the business to work with customers, control costs, reduce risks and make more accurate decisions. Therefore, financial management should evaluate digital investments not as an ordinary administrative expense, but as part of the long-term development of the enterprise. At the same time, digital investments require strict selection. Not every service, module or analytical panel creates financial benefit. Some solutions may duplicate existing processes, complicate the work of personnel or accumulate data without managerial application. Strategic financial management should establish selection criteria: which process is changing, which risk is being reduced, which indicator is being improved, how the decision affects cash flow, whether manual labor is being reduced, or whether the forecast accuracy is being increased. Without such an assessment, digitalization becomes a cost item without a clear financial outcome. The digital environment also changes the approach to risk. In the traditional model, risk was often assessed after a problem occurred: late payment, cost overruns, falling sales, lack of funds. Strategic management requires early detection of signals. Data on reduced repeat purchases, extended payment terms, increased returns, frequent order changes, or increased channel costs can indicate future financial pressure. If these signals are detected in advance, the company has time to change the terms of contracts, review credit limits, reduce unnecessary expenses, or prepare a liquidity reserve. An important component of strategic financial management is the connection between financial and non-financial data. Profit depends not only on price and costs. It is influenced by the speed of order processing, quality of service, customer behavior, stability of supply, staff productivity, response time to requests, the proportion of returns, the level of automation of operations. Digital tools make it possible to combine this data with financial indicators. As a result, the company receives not a report on the result, but an explanation of the reasons for the financial result. The financial analyst in such a model becomes a participant in the strategic dialogue. His role is not only to prepare the figures, but also to explain which decisions have financial consequences, where the hidden cost, which scenario requires a reserve, which direction does not justify investments. Such a role requires different professional training. Knowledge of accounting, planning, analysis is required, but also an understanding of data, digital processes, limitations of analytical models, cyber

risks and rules for working with automated solutions. Strategic financial management should not lose the human dimension. Even the best analytical system does not replace professional judgment. Data may show deviations, but a decision requires an understanding of the market, customer behavior, contract terms, reputational consequences, team status and partner trust. Artificial intelligence can prepare an explanation or find an atypical operation, but responsibility for the financial decision remains with the manager. Therefore, the digital environment should enhance financial responsibility, not dilute it.

For Ukrainian businesses, a strategic approach to digital financial management is of particular importance. Enterprises operate in an environment of unstable demand, limited resources, high cost of error and the need to quickly revise plans. In such conditions, the financial system should help management not only control the fact, but also maintain the ability to act in advance. Digital tools become useful when they help maintain liquidity, support profitable directions, avoid unnecessary expenses, see the risk before it turns into a loss and prepare the enterprise for several possible scenarios.

**Conclusions.** The digital development of the financial management system of a business should not begin with the choice of an innovative service, but with an understanding of the opportunities for engaging with financial data. The enterprise must know how an event turns into a number in the report, who is responsible for the correctness of the data, where the delay occurs, what risk is hidden in a manual operation and what solution should be prepared based on this data.

Official data from the State Statistics Service show a strong basic digital foundation of Ukrainian business: 93,8% of enterprises had access to the Internet in 2024, and the turnover of e-commerce reached UAH 657,5 billion. At the same time, internal financial and analytical systems are spread much more slowly: ERP was used by 15,2% of enterprises, CRM – 7,4%, BI – 3,9%, AI – 5,2%. This is where a promising direction for the development of financial management in the model of digital business transformation arises. The most important areas are: streamlining financial data; expanding the functions of digital sales channels; ERP, CRM and EDI integration; implementation of BI analytics for budgets, margins and cash flows; careful application of AI with financial controls and security rules. Such directions allow the finance team to move from late reporting to forecasting, scenarios and risk control. Further research can be aimed at comparing the digital maturity of financial management by type of economic activity and size of enterprises. Special attention should be paid to how ERP, CRM, BI and AI affect budget accuracy, speed of payments, control of receivables, profitability of online channels and sustainability of cash flows of Ukrainian businesses.

Thus, the strategic content of the digital development of the financial management system is the transition from accounting reaction to financial forecasting. The enterprise gets the opportunity not only to record the result, but also to work with the future consequences of decisions, such an approach makes digital tools part of the management of capital, profitability, liquidity and business sustainability, which is the basis of the financial system of enterprises.

## References:

1. ACCA & Chartered Accountants ANZ. (2020). Analytics in finance and accountancy. URL: [https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA\\_Global/professional-insights/aifaa/CliveWebb.PI-ANALYTICS-FINANCE-ACCOUNTANCY.pdf](https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_Global/professional-insights/aifaa/CliveWebb.PI-ANALYTICS-FINANCE-ACCOUNTANCY.pdf).
2. ACCA & IFAC. (2019). A vision for the CFO & finance function: From accounting for the balance sheet to accounting for the business and value creation. URL: [https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA\\_Global/professional-insights/Financejourney/IFAC%20A%20vision%20for%20the%20CFO%20and%20finance%20function.pdf](https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_Global/professional-insights/Financejourney/IFAC%20A%20vision%20for%20the%20CFO%20and%20finance%20function.pdf).
3. AGRAWAL, A., EKLUND, S., WAITE, J., & WOODCOCK, E. (2020). Finance 2030: Four imperatives for the next decade. McKinsey & Company. URL:

- <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/finance-2030-four-imperatives-for-the-next-decade>.
4. FASCIANA, L., & JENSEN, B. (2023). Building a world-class digital finance function. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/building-a-world-class-digital-finance-function>.
  5. KPMG. (2023). Future of finance: Digital acceleration. URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2023/02/future-of-finance-digital-acceleration.pdf>.
  6. *McKinsey & Company*. (2025). McKinsey on Finance, Number 87: Forward, with focus. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/strategy%20and%20corporate%20finance/our%20insights/mckinsey%20on%20finance%20number%2087/mof87-final-rgb.pdf>.
  7. *OECD*. (2024). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.
  8. *State Statistics Service of Ukraine*. (2024). Methodological provisions of the state statistical observation "Use of information and communication technologies in enterprises", approved by the order of the State Statistics Service of Ukraine dated 28. 10. 2024 No. 252. URL: [https://stat.gov.ua/sites/default/files/2025-01/252\\_2024.pdf](https://stat.gov.ua/sites/default/files/2025-01/252_2024.pdf).
  9. *State Statistics Service of Ukraine*. (n.d.). Use of information and communication technologies in enterprises. URL: <https://stat.gov.ua/uk/releases/vykoristannya-informatsiyno-komunikatsiynykh-tekhnologiy-na-pidpryyemstvakh>.

## **1.2. IMPLEMENTATION OF STEAM PROJECTS THROUGH CLOUD SERVICES IN TECHNOLOGY TEACHER PREPARATION IN HIGHER PEDAGOGICAL EDUCATION**

The rapid development of information technologies drives changes in all spheres of human activity, including education. As Lytvynova (2016) notes, there is currently a shift in education, particularly in secondary education, from the paradigm of «information and communication technologies (ICT) in education» to a new paradigm of «education in a cloud-based learning environment» (Lytvynova, 2016). This shift is driven by outdated material and technical infrastructure in educational institutions, increased information and communication competency (ICC) among teachers of various subjects, rapid development of ICT, and students' use of various gadgets for both gaming and educational needs. M. I. Zhaldak emphasizes that studying and substantiating crucial directions for ICT implementation in the educational process is one of the most important pedagogical challenges, the resolution of which represents a socially significant task for pedagogical science (Demianenko, Zhaldak, & Zaporozhchenko, 2012).

Secondary education students and teachers actively master and utilize various innovations in technology education, particularly cloud services, which enable the use of various gadgets (laptops, tablets, computers) without dependence on operating system type. These services function across Linux, Windows, Android, and iOS platforms.

According to scientists Peter Mell and Timothy Grance from the National Institute of Standards and Technology (NIST) of the United States, cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (such as networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction (Mell, & Grance, 2011). The development of cloud computing has made it possible to provide universal access to software and various Internet services. Cloud services enable the transfer of computing resources, software, and documents to remote Internet servers, eliminating the need to store large volumes of information on personal computers. People who use cloud services for creating presentations, documents, or discussing various events unite in virtual communities.

Bykov and Kremen (2013) define the learning environment (LE) as an artificially and purposefully constructed significant space surrounding the student within an educational institution, where the educational process takes place and necessary and sufficient conditions are created for its participants to effectively and safely achieve the goals of teaching and education (Bykov, & Kremen, 2013). Currently, the main companies providing opportunities for creating cloud-oriented learning environments are Microsoft Education, Google Workspace for Education, Amazon Web Services, Moodle Cloud, and Blackboard Learn.

In technology teacher preparation, we are creating a closed learning environment that is not traditional, where participants are limited to an instructor and a group of students. This is a learning platform (learning management system) that includes software for managing the learning process and allows for creating and hosting learning materials on the platform, tracking learning outcomes, and facilitating communication between process participants. Thus, it is a structured multidimensional environment that combines traditional learning with information technologies based on automated interaction between instructor and student (Bykov, n.d.).

By cloud-based learning environment (CBLE) for preparing technology teachers for project activities, we understand an artificial system that ensures educational mobility, group collaboration between educators and students, and utilizes Google Workspace cloud services for effective, safe achievement of educational goals. In future teacher preparation, an important role is played by training higher education students in activities aimed at designing and manufacturing various products using cloud services. Mastering this type of activity is an integral component of a future teacher's integral competency, as discussed in research studies (Kudria et al., 2024; Chappell, & Hetherington, 2024). We consider one aspect of developing the integral professional competency of future technology teachers to be the use of the Canva online platform in implementing STEAM

projects for interior dolls in teaching fiber materials processing technologies (Shymkova, & Tsvilyk, 2023).

The use of cloud services in technology education within educational institutions is examined by numerous researchers and practicing educators. In our research, we have identified specific aspects of using Google Workspace cloud services and the Canva online platform in secondary school technology teacher preparation. Google services (Classroom, Gmail, Meet) play an organizational role in creating classes (student groups) and facilitating various communications regarding the delivery of educational content, creation of interdisciplinary STEAM projects, formation and distribution of assignments, and monitoring their completion. Through the Canva graphic design platform, educational process participants can create graphics, presentations, posters, and other visual content for both educational purposes and social media. Both web and mobile versions are available. The service offers an extensive bank of images, fonts, templates, and illustrations. Therefore, we have chosen Canva as a tool for creative project activities (both group and individual) of future educators.

Shalaeva and Syzonova (2022) make a pertinent observation that the computer environment serves as a foundation for constructing learning tools (Shalaeva, & Syzonova, 2022). This environment is a means for constructing students' virtual identity and creating educational activity products on a theoretical platform, where students can independently construct knowledge, develop reflective skills, create and present external artifacts, and interact with peers to exchange their internal perceptions and ideas based on situational, group, and problem-based learning, which is successfully implemented through the project method.

Burovytska (2016) argues that to properly structure educational work using ICT, it is necessary to follow a specific order of actions – an algorithm, namely: familiarizing teachers with ICT; preparing technical means for work; using promising teaching methods; and preparing students (Burovytska, 2016). This was taken into account in our research on creating a personal cloud-oriented educational environment, which consists of the following stages:

1. Study by professional training discipline instructors of the capabilities of Google services (Classroom, Meet, Forms, Calendar, Drive, Gmail, etc.) and the Canva graphic design platform in teaching students STEAM project design.
2. Organization of groups in Classroom and creation of boards in Canva.
3. Determination of active STEAM project-based learning methods (creative, interactive, game-based, computer-oriented, etc.).
4. Preparing students for implementing STEAM projects (individual and group) using Google services (Classroom, Gmail, Meet) and the Canva graphic design platform.

Google services are well-configured for organizing teamwork, with all tools accessible through a single account. The ecosystem covers learning management (Classroom), online communication (Meet), content creation (Docs, Slides, Sheets), assessment (Forms), file storage (Drive), scheduling (Calendar), video content (YouTube), and AI-assisted learning (Gemini, Google Workspace AI). All services are mutually integrated, enabling a unified educational environment with instant exchange of materials and effective organization of both online and blended learning (Lohr, 2007).

Canva is a well-known simple, accessible, and multifunctional tool and popular online graphic design software (Tsekhmistrova, & Olefirenko, 2020). Design in Canva is utilized in educational activities for photo editing, creating presentations and documents, and social media publications. This online platform features an intuitive interface and over 250,000 templates, 100+ design types for social media, posts, letters, presentations, etc., more than 1,000 free images and graphics, team collaboration functionality, real-time cooperation and commenting capabilities, and 5 GB of cloud storage.

Canva enables real-time team collaboration with high performance from any device and location worldwide with granted access (Tiutiunyk, & Honcharenko, 2014). The utilization of Canva's online tool functions provides opportunities for high-quality, rapid, and free operation on iOS or Android devices. Various photo filters, tooltips, text fields, effects, colors and dimensions, and editable fragments are offered as needed.

Having analyzed the functions and capabilities of the online platform, we note certain advantages and disadvantages of its usage (Edwards, 2024) (Table 1).

During their education in a cloud-oriented environment, future technology teachers utilize various computer programs and mobile devices, publish their works on social networks, and demonstrate their educational achievements in multiple aspects, specifically: in preparing presentations for practical classes, while creating projects in technology practicum, puppet-making practicum, fundamentals of decorative and applied arts, etc.

*Table 1. Characteristics of the Canva online platform in project-based learning of future educators*

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multifunctional free design platform. Certain professional design features are included in the paid plan.</li> <li>• No need to be a professional graphic designer, as the editor enables even beginners to work effectively.</li> <li>• Ease of use with templates, stickers, and fonts guarantees excellent infographics with all necessary elements, allowing creativity and addition of details and elements that match the author's style.</li> <li>• Extensive capabilities for creating various types of images - covers, e-books, resumes, invitations, GIF files, animations, and videos.</li> <li>• User-friendly interface.</li> <li>• Enables team collaboration.</li> <li>• Integration with stock photo library.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canva lacks a local storage file, meaning technically one cannot access their projects online or make new changes when the site is not operational.</li> <li>• Since many people use most Canva templates, which are not regularly updated, designs may appear insufficiently unique.</li> <li>• Canva has no source file, meaning it's impossible to share, edit, or export any designs without having a Canva account.</li> <li>• Some images, fonts, stickers, and templates on Canva are only available with a premium account.</li> <li>• The mobile application has fewer features compared to the desktop version.</li> <li>• Limited number of available free elements.</li> </ul> <p>Limited functionality for complex designs.</p>

The results of independent cognitive activity are student projects on various aspects of professional training, executed using the Canva online platform.

In the process of experimental training of future technology teachers in a cloud-oriented environment created using Google services, the Canva online platform was selected as an effective STEAM-learning tool (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) in developing creative abilities and personal qualities of future educators, who should become effective managers of the educational person-oriented process in general secondary education institutions (Hlukhaniuk et al., 2020). The creative search for design objects led to the emergence of students' idea to implement a STEAM project of a contemporary designer doll, which is not only a special factor in bridging modern creative trends with cultural heritage. It is an effective means of engaging students in the process of design and technological activities and formation of professional competencies, development of creative abilities and aesthetic taste. The project's objective was defined as the process of designing and manufacturing a designer doll that could serve as an interior item, toy, or gift. The STEAM project employed new approaches to doll making based on the application of Google cloud services and the Canva online graphic design platform. The development and implementation of the designer doll project were carried out through sequential execution of design and technological activities.

The organization of project activities was conducted through Google Classroom, where a class (group) of students was created for the «Puppet Making Practicum» course. Classroom was used for participant registration, Google Calendar was used to schedule online classes in Google Meet, course content was developed (lectures, practical work), and the tasks and themes of final STEAM projects and their completion deadlines were determined.

In the experimental training, we imported the class from Google Classroom into the Canva online platform by specifying a particular course and creating an invitation in Canva, which is reflected in the resulting invitation formation in Canva through Google Classroom.

The invitation to the «Puppet Making Practicum» class was also conducted via email or through a link. The result of this integration between Google Classroom and Canva is the creation of a Puppet Making Practicum class.

We determined that the group STEAM project for developing a designer doll in Canva using distance education through Google Classroom consisted of sequential collaborative stages:

*Stage 1. Formation of Project Teams.* A collective board is created in Canva for introductions and role distribution. A team of 4-5 people selects individual functions: designer, technologist, artist, project manager. Each participant presents their skills and internal motivation.

*Preparation:* the instructor creates a special board in Canva, develops a template for participant presentations, and defines role distribution criteria. Specifically, we began creating the design of choice by establishing the «Creative Workshop» board.

*Team Formation Mechanism:*

- Individual presentation: each participant adds a slide about their skills and abilities and demonstrates their portfolio

- Distribution of functional roles: designer: responsible for doll aesthetics; technologist: calculates construction; artist: develops decorative finishing; manager: responsible for organization and sequential implementation of the STEAM project, coordinates teamwork.

*Communication Tools:* Canva Whiteboard for collaborative work; comments and marks; voting on ideas.

*Stage Result:* formed team, distributed roles, created collective project board «Designer Doll», which was shared with the «Puppet Making Practicum» class.

*Stage 2: Collective Brainstorming.* Using Canva Whiteboard tools, the team generates doll concepts. Collective sketching, mind mapping, and voting for the best ideas take place. Graphic schemes of potential designs are created, and technical implementation possibilities are discussed.

*Stage 3: Construction Design.* The team develops technical specifications for doll creation. Graphic templates are formed in Canva, and technological cards are created. Each participant receives an individual task: from sketch development to material selection.

*Stage 4. Practical Implementation.* Participants work simultaneously on their project parts, using Google Classroom for communication and Google Canva for visualization. Sequential doll manufacturing occurs with constant group monitoring and mutual assistance.

*Stage 5: Results Presentation.* The team prepares a final presentation in Canva, demonstrating the work process, technical solutions, and the finished doll. Collective project defense, peer evaluation, and reflection on acquired skills take place.

Based on comprehensive research, it has been established that the doll remains an important cultural phenomenon that attracts the attention of art critics, philosophers, ethnographers, historians, and educators. It is worth noting that in teaching technology to secondary school students, significant attention and instructional time is devoted to creating Ukrainian traditional dolls and their varieties (Naiden, 2020).

During contextual information search, students discovered that designer toys are traditionally handmade as unique pieces, with the doll's image being original and unrepeatable, and the popularity of these toys is due to their universality (stylish decorative item, entertainment for children and adults). Researchers distinguish types of designer dolls by certain characteristics: by genres (realistic, fantasy doll, ethnic), by execution techniques (plastic, porcelain, textile), and by purpose (collectible, interior) (Paliukeniienie, 2015). At the planning stage, an analysis was conducted of various textile dolls created by famous designers who conquered the world with interesting forms, clothing, and distinctive appearances.

Modern possibilities of accessing significant volumes of information through cloud services and online platforms regarding designer dolls enable students to enrich their worldview and either adopt an existing style or develop their own.

The range of programs for design, modeling, and creating clothing for doll 3D models is quite extensive. For example, the Design Doll program allows creating images, positions, and compositions

needed by the artist through simple, intuitive options. The application uses an overlay method where one can modify shapes and sizes of various body parts.

The program allows setting up multiple models, creating complex compositions, and a free camera helps to choose the most interesting angles.

Beginners don't need to delve into the intricacies of drawing, and the level of mastery in illustrative technique is not particularly significant. Participants designed multifaceted doll images and created sketches from different angles. For instance, in the preliminary sketch, the basic doll image, clothing, and details are outlined. Careful development of sketches helps create a comprehensive doll image and avoid errors that arise during work. The program includes a library of positions and models, with the ability to import models from other programs and export the work result in OBJ format for 3D printing (Mahon, n.d.).

After creating the sketch and model, the next step was making the doll during the technological stage. This is a creative process ranging from frame construction to painting the future doll's face, during which creative technological skills and independence in achieving artistic perfection are developed. At the initial stage of work, the material execution of the product plays an important role through cutting, trimming, embroidering, knitting, etc. In the final stage, students worked on the doll's costume and accessories to reveal and complete the holistic image. Materials for creating hairstyles were selected from knitting yarn or artificial hair, as appropriate for style and harmony.

Analysis of the STEAM projects' results allowed identifying a number of typical errors that students made during independent development, manufacturing, and decoration of products, specifically: disproportionate form elements and excessive complication; unsuccessful placement of the compositional center; violation of proportions between main and secondary elements that should emphasize the expressiveness of the main ones; excessive complication of composition areas; oversaturation of the product surface with decorative elements and inconsistency of their sizes with the dimensions of the artistic product.

To confirm the effectiveness of innovative training in creating STEAM projects of designer dolls, control measures were conducted in the control and experimental groups of students at Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University: implementation and defense of STEAM projects. Students in the control group worked according to the methodology of individual product creation, while students in the experimental group worked in small groups using the STEAM-design method for interior dolls, utilizing cloud services with a focus on developing creative abilities and forming project, artistic, technological, and information-communication competencies. In evaluating the results of designers' activities, the integral criterion for establishing students' achievement levels took into account harmony, aesthetics, unity, quality of artistic, design, and technological solutions, and the degree of mastery and use of Google services and Canva online platform tools by students as the most important components of the STEAM project's effectiveness for designer dolls. The results of phased control measures are presented in Table 2.

Based on the analysis of project implementation and defense, the following conclusion can be made. Quality indicators (QI) of control measures performance were respectively in experimental and control groups:  $QI_e = 75\%$ ,  $QI_c = 52\%$ , which revealed predominantly high and sufficient levels of knowledge acquisition and formed project, artistic, technological, and information-communication competencies in the experimental group, and sufficient and medium levels in the control group. The obtained results are graphically depicted in Fig. 1.

When testing the null hypothesis that the discrepancy between the performance of students in experimental and control groups is random, the degree of performance divergence in the two types of groups was calculated using the chi-square test (Pearson's criterion). The obtained value exceeded the permissible indicator (Motsnyi, 2018), therefore the null hypothesis was refuted.

Conclusion – the obtained student performance indicators are not random but are determined by the effectiveness of the experimental methodology of STEAM design for interior dolls utilizing cloud services.

The Canva platform within the Google-based cloud-oriented environment demonstrated significant effectiveness in activating individual and group project activities of students.

The combination of cloud technologies and handmade techniques allowed students to utilize their knowledge, demonstrate technological capabilities, and showcase formed competencies during product manufacturing.

Table 2. Results of control measures for students' implementation of designer doll STEAM projects

Groups	Level of Achievement				Quality indicator, %	Overall success, %
	High (5)	Sufficient (4)	Medium (3)	Low (2)		
<i>Stage 1. Formation of project teams (selection and problem justification. History of designer doll technology)</i>						
E	6	17	2	0	92	100
C	2	11	9	2	54,2	91,67
<i>Stage 2. Collective brainstorming (information search, idea selection)</i>						
E	7	12	6	0	76	100
C	3	9	9	3	50	87,5
<i>Stage 3. Construction design (sketch project, selection of materials and tools)</i>						
E	6	13	5	1	76	96
C	1	11	10	2	50	92
<i>Stage 4. Practical implementation</i>						
4.1. Manufacturing Technology						
E	9	10	6	0	76	100
C	5	9	9	1	58,3	96
4.2. Project marketing research. Environmental expertise						
E	7	13	5	0	80	100
C	4	9	10	1	54,2	96
<i>Stage 5. Presentation</i>						
E	8	9	8	0	68	100
C	3	9	11	1	50	96
<i>Total</i>						
E	37	57	30	1	75,2	99,2
C	16	47	49	8	52,5	93,3

Students' educational achievements were determined primarily at high and sufficient levels regarding: utilization of decorative material properties; artistic design; correspondence of decoration to functional purpose; creative novelty; and style development. The key features of the experimental cloud-based STEAM implementation included content integration, collective cloud communication, interactive methods (design thinking, brainstorming, simulation-role games), high Internet mobility, and training in creative practical activities.

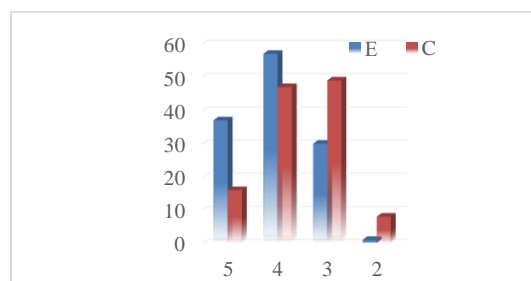


Fig. 1. Frequency diagram of grades obtained by students during control measures

The positive pedagogical effectiveness of experimental learning in implementing STEAM projects using Google cloud services and the Canva online platform, as established by us, provides grounds to assert that this technology for creating designer dolls is an effective means of engaging students in project activities and plays a special role in forming professional competencies and creative abilities of future technology teachers in secondary education.

## References:

1. BYKOV, V. YU. (n.d.). *Navchalne seredovyshche suchasnykh pedahohichnykh system* [Learning environment of modern pedagogical systems]. [http://virtkafedra.ucoz.ua/el\\_gurnal/pages/vyp1/Bykov.pdf](http://virtkafedra.ucoz.ua/el_gurnal/pages/vyp1/Bykov.pdf).
2. BYKOV, V. YU., & KREMEN, V. H. (2013). Katehorii prostir i seredovyshche: Osoblyvosti modelnoho podannia ta osvitho zastosuvannia [Categories of space and environment: Features of model representation and educational application]. *Theory and Practice of Social Systems Management: Philosophy, Psychology, Pedagogy, Sociology*, 2, 3-16.
3. BUROVYTSKA, YU. M. (2016). Informatiino-komunikatsiini tekhnologii u vyshchyykh navchalnykh zakladakh: alhorytm vprovadzhenia [Information and communication technologies in higher educational institutions: implementation algorithm]. *Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University. Series: Pedagogical Sciences*, 133, 23-26.
4. CHAPPELL, K., & HETHERINGTON, L. (2024). Creative pedagogies in digital STEAM practices: Natural, technological and cultural entanglements for powerful learning and activism. *Cultural Studies of Science Education*, 19, 77-116. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10200-4>.
5. DEMIANENKO, V. M., ZHALDAK, M. I., & ZAPOROZHCHENKO, Yu. H. (2012). *Otsiniuvannia yakosti prohramnykh zasobiv navchalnoho pryznachennia dlia zahalnoosvitnykh navchalnykh zakladiv* [Evaluation of the quality of educational software for general educational institutions] (pp. 6–12). Pedahohichna dumka.
6. EDWARDS, L. (2024, May 17). *What is Canva and how does it work?* Teach&Learning. <https://www.techlearning.com/how-to/what-is-canva-and-how-does-it-work-for-education>.
7. HLUKHANIUK, V. M., SOLOVEI, V. V., TSVILYK, S. D., & SHYMKOVA, I. V. (2020). STEAM education as a benchmark for innovative training of future teachers of labour training and technology. *Society. Integration. Education*, 5, 211-221. <https://doi.org/10.17770/sie2020vol1.5000>.
8. KUDRIA, O., SKOVRONSKYI, B., MARUSHCHAK, O., HONCHAROVA, N., & SIPII, V. (2024). The role of innovative techniques in development of STEM-education in Ukraine. *Academia*, 35-36, 132-155. <https://doi.org/10.26220/aca.5006>.
9. LOHR, S. (2007, October 8). *Google and I.B.M. join in 'cloud computing' research*. New York Times. <http://www.nytimes.com/2007/10/08/technology/08cloud.html>.
10. LYTVYNOVA, S. H. (2016). *Proektuvannia khmaro oriientovanoho navchalnoho seredovyshcha zahalnoosvitnoho navchalnoho zakladu* [Designing a cloud-oriented learning environment of a general educational institution]. CP «Komprynt».
11. MAHON, L. (n.d.). *Design and print the doll of your dreams*. 3D Printing Industry. <https://3dprintingindustry.com/news/design-print-doll-dreams-91650/>.
12. MELL, P., & GRANCE, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology* (NIST Special Publication 800-145). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>.
13. MOTSYNI, F. V. (2018). Analysis of nonparametric and parametric criteria for statistical hypotheses testing. Chapter 1. Agreement criteria of Pearson and Kolmogorov. *Statistics of Ukraine*, 83 (4), 14-24. [https://doi.org/10.31767/su.4\(83\)2018.04.02](https://doi.org/10.31767/su.4(83)2018.04.02).
14. NAIDEN, O. S. (2020). *Ukrainska narodna lialka* [Ukrainian folk doll] (2nd ed.). Stylos.
15. PALIUKENIENIE, S. V. (2015). Avtorska lialka yak zasib formuvannia profesiinoi maisternosti maibutnoho vchytelia mystetskoho profilu [The author's doll as a means of forming the professional skill of the future art teacher]. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii*, 5, 311-317. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pednauk\\_2015\\_5\\_40](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pednauk_2015_5_40).
16. SHALAIIEVA, V. V., & SYZONOVA, S. M. (2022). Informatiino-komunikatsiina tekhnologiiia formuvannia profesiinykh kompetentsii fakhivtsia tekhnichnoho zvo na bazi systemy prohramno-aparatnykh zasobiv navchannia [Information and communication

- technology for the formation of professional competencies of a technical university specialist based on a system of software and hardware teaching tools]. *Young Scientist*, 106 (6), 65-69.
17. SHEVCHENKO, H. (2021). Stvorennia infografiky v servisi «CANVA dlia navchannia» [Creating infographics in the «CANVA for Education» service]. *Veresen: Naukovo-metodychnyi, informatsiino-osvitnii zhurnal*, 3 (90), 20.  
<https://doi.org/10.54662/veresen.3.2021.10>.
  18. SHYMKOVA, I. V., & TSVILYK, S. D. (2023). Doslidzhennia mozhyvostei zastosuvannia onlain-platfomy CANVA za umov elektronnoho dystantsiinoho navchannia maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia ta tekhnolohii [Research of CANVA online platform application possibilities in electronic distance learning for future teachers of labor training and technologies]. In M. S. Kurach & I. V. Tsisaruk (Eds.), *Aktualni problemy tekhnolohichnoi ta profesiinoi osvity* [Current problems of technological and professional education] (pp. 158-163). VC KOGPA im. Tarasa Shevchenka.
  19. TIUTIUNNYK, A. V., & HONCHARENKO, V. O. (2014). Vykorystannia khmarnykh servisiv dlia stvorennia osvitnoho seredovyscha vykladacha ta studenta [Using cloud services to create an educational environment for teachers and students]. *Educational Discourse*, 5 (1), 227-241.
  20. TSEKHMISTROVA, A. I., & OLEFIRENKO, N. V. (2020). Infografika v osvitnomu protsesi [Infographics in the educational process]. In O. A. Zhernovnikova et al. (Eds.), *Naukovo-doslidna robota studentiv yak chynnyk udoskonalennia profesiinoi pidhotovky maibutnoho vchytelia* [Scientific research of students as a factor in improving the professional training of future teachers] (Vol. 19, pp. 117-122). Kharkiv National Pedagogical University named after H. S. Skovoroda.

### 1.3. THE INFORMATIONAL WORLDVIEW AS A NEW FORM OF UNDERSTANDING REALITY: AN ATTEMPT AT INTERPRETATION FROM THE PERSPECTIVE OF DILTHEY AND JASPERS

### 1.2. ŚWIATOPOGLĄD INFORMATYCZNY JAKO NOWA FORMA ROZUMIENIA RZECZYWISTOŚCI. PRÓBA UJĘCIA W PERSPEKTYWIE DILTHEYA I JASPERSA

**Wstęp.** Pojęcie światopoglądu odnosi się do sposobu, w jaki człowiek interpretuje rzeczywistość oraz własne miejsce w świecie. Współczesne przemiany technologiczne, związane z rozwojem informatyki i nauk o informacji, prowadzą jednak do powstania nowych form myślenia, które nie mieszczą się w pełni w klasycznych ujęciach filozoficznych.

Celem niniejszego artykułu jest analiza pojęcia światopoglądu informatycznego (Stacewicz, 2015) oraz określenie jego miejsca w odniesieniu do klasycznych typologii światopoglądów, w szczególności koncepcji Wilhelma Diltheya i Karla Jaspersa.

**Typologia światopoglądów Wilhelma Diltheya.** Wilhelm Dilthey (1833-1911) podejmował próbę systematycznego uporządkowania różnych sposobów rozumienia rzeczywistości, które pojawiały się w historii filozofii. Jego zdaniem światopoglądy nie są jedynie abstrakcyjnymi konstrukcjami teoretycznymi, lecz wyrastają z ludzkiego doświadczenia życia oraz z refleksji nad miejscem człowieka w świecie. W związku z tym filozofia nie powinna ograniczać się do budowania systemów metafizycznych, lecz powinna również analizować podstawowe formy interpretacji rzeczywistości obecne w kulturze.

„Wszystkie światopoglądy mają – o ile podejmują się całkowitego rozwiązania zagadki życia – tę samą zasadniczą strukturę. Struktura ta jest każdorazowo systemem, w którym na podstawie pewnego obrazu świata można rozstrzygnąć pytanie o znaczenie i sens świata i na tej podstawie wyprowadzić ideał, dobro najwyższe, najogólniejsze zasady kierowania życiem (Dilthey, 1987, p. 126)” – taką podaje definicję w swojej pracy *O istocie filozofii*. Dilthey wyróżnił, w filozofii, trzy podstawowe typy światopoglądów: *naturalizm*, *idealizm wolności* oraz *idealizm obiektywny*. Każdy z nich reprezentuje odmienny sposób interpretowania relacji między człowiekiem a światem oraz różne podejście do zagadnienia sensu rzeczywistości.

Pierwszym z tych typów jest *naturalizm*. W tym ujęciu rzeczywistość interpretowana jest przede wszystkim w kategoriach przyrody oraz praw natury. Naturalizm zakłada, że świat stanowi uporządkowany system zjawisk podlegających prawom przyrodniczym, które mogą być poznawane za pomocą metod naukowych. Człowiek jest w tym obrazie świata częścią natury, a jego życie i działanie również podlegają ogólnym prawom przyrody. W konsekwencji naturalizm charakteryzuje się silnym związkiem z naukami przyrodniczymi oraz z dążeniem do racjonalnego i empirycznego wyjaśniania rzeczywistości.

Drugim typem światopoglądu jest *idealizm wolności*. „Idealizm wolności uważał Dilthey za manifestację przeżyć wolitywnych i zdolności świadomej jednostki do spontanicznego działania. Na gruncie tego światopoglądu powstawały teorie przyznające prymat w poznaniu wiedzy bezpośredniej, opartej na przekonaniach autonomicznej jednostki (Kuderowicz, 1987, p. 126)” – dalej podaje Zbigniew Kuderowicz. W przeciwieństwie do naturalizmu podkreśla on przede wszystkim znaczenie ludzkiej wolności oraz autonomii podmiotu. Człowiek nie jest jedynie elementem mechanizmu przyrody, lecz istotą zdolną do samostanowienia i podejmowania świadomych decyzji. Idealizm wolności akcentuje więc rolę woli, odpowiedzialności oraz wartości moralnych w ludzkim życiu.

Trzecim typem jest *idealizm obiektywny*, który zakłada istnienie obiektywnego porządku duchowego lub racjonalnego, przenikającego rzeczywistość. Cechuje ten typ światopoglądu przekonanie o istnieniu obiektywnego ładu wartości oraz postrzeganie świata jako sensownej i wartościowej całości, a także intensywne odczucie piękna i harmonii wszechświata. Świat nie jest jedynie zbiorem zjawisk przyrodniczych ani wyłącznie polem ludzkiej wolności, lecz posiada głębszą strukturę sensu, którą człowiek może stopniowo odkrywać poprzez refleksję filozoficzną.

**Koncepcja światopoglądu u Karla Jaspersa.** Koncepcja światopoglądu przedstawiona przez Karla Jaspersa (1883-1969) różni się od typologii zaproponowanej przez Wilhelma Diltheya. Jaspers nie dążył do systematycznej klasyfikacji światopoglądów według określonych nurtów filozoficznych, takich jak naturalizm czy idealizm. Jego refleksja koncentrowała się raczej na egzystencjalnym wymiarze światopoglądu, czyli na sposobie, w jaki człowiek przeżywa świat i odnosi się do własnego istnienia.

W swoim dziele *Psychologie der Weltanschauungen* (Jaspers, 1971) Jaspers analizował światopoglądy jako dynamiczne struktury psychiczne, które wyrażają sposób orientacji człowieka w rzeczywistości. Światopogląd nie jest w tym ujęciu jedynie zbiorem teoretycznych przekonań o świecie, lecz całościową postawą egzystencjalną, kształtującą sposób rozumienia życia, działania oraz podejmowania decyzji.

Szczególne znaczenie w filozofii Jaspersa mają tak zwane *sytuacje graniczne* (*Grenzsituationen*). Należą do nich takie doświadczenia, jak cierpienie, śmierć, wina czy walka. To sytuacje, których człowiek nie może całkowicie uniknąć ani w pełni kontrolować. Konfrontacja z nimi zmusza jednostkę do refleksji nad własnym istnieniem oraz nad sensem życia. „Doświadczenie graniczne zachodzi na granicach świata codzienności i granicach tożsamości doświadczającego, a zatem chwilowo znosi się potoczność. Codziennosc jako rudymetarny sposób bycia człowieka w świecie załamuje się. Świat, w którym człowiek porusza się na co dzień, jak i indywidualna tożsamość doświadczającego zostają zakwestionowane.” (Trydeński, 2015, p. 153) – opisuje to Marcin Trydeński w swojej pracy. Właśnie w takich momentach ujawnia się autentyczny charakter światopoglądu. Światopogląd nie jest jedynie teoretycznym obrazem świata, lecz sposobem, w jaki człowiek odpowiada na fundamentalne pytania dotyczące jego egzystencji. *“Miarodajne są w tej książce zainteresowania człowiekiem, zatroskanie myślącego samym sobą, zamierzona radykalna rzetelność. Wszystkie niemal podstawowe problemy, dopiero później pojęte jaśniej i szerzej rozwinięte, są już zarysowane: świat, jakim jest on dla człowieka; sytuacja człowieka i jego nieuchronne sytuacje graniczne (śmierć, cierpienie, przypadek, wina, walka).”* (Jaspers, 1993, p. 33) – tak pisze sam Karl Jaspers o swojej pracy w autobiografii, napisanej w 1953 roku.

Koncepcja Jaspersa dotyczy relacji między człowiekiem a światem w wymiarze egzystencjalnym. W związku z tym jego analiza światopoglądów nie koncentruje się bezpośrednio na naukowych modelach interpretacji rzeczywistości, lecz raczej na sposobie przeżywania świata i nadawania mu sensu przez jednostkę.

**Światopogląd informatyczny.** Pojęcie światopoglądu informatycznego pojawiło się w refleksji filozoficznej stosunkowo niedawno i jest związane z rozwojem cywilizacji informacyjnej oraz dynamicznym postępowaniem nauk informatycznych w drugiej połowie XX i na początku XXI wieku. Jednym z autorów, którzy podejmują tę problematykę w polskiej filozofii, jest Paweł Stacewicz. W swoich pracach opisuje on światopogląd informatyczny jako specyficzny sposób interpretowania rzeczywistości charakterystyczny dla epoki informacyjnej (Marciszewski i in., 2011).

Współczesny człowiek coraz częściej postrzega świat poprzez kategorie związane z przetwarzaniem informacji. Rozwój technologii cyfrowych, komputerów oraz globalnych sieci komunikacyjnych sprawił, że pojęcie informacji stało się jednym z podstawowych pojęć służących do opisu rzeczywistości. W rezultacie wiele zjawisk zachodzących zarówno w przyrodzie, jak i w społeczeństwie zaczęto interpretować w kategoriach informacyjnych. Podstawę tworzą trzy kluczowe pojęcia: informacja, algorytm oraz system przetwarzania danych (automat). Informacja jest rozumiana jako forma reprezentacji rzeczywistości, która może być zapisywana, przekazywana oraz przetwarzana. Algorytm natomiast oznacza uporządkowany zestaw operacji umożliwiających przetwarzanie informacji oraz rozwiązywanie określonych problemów. Z kolei system przetwarzania danych to maszyna Turinga, czyli abstrakcyjny model urządzenia służącego do wykonywania algorytmów.

Różnorodne struktury występujące w świecie można interpretować jako systemy przetwarzania informacji. Dotyczy to nie tylko komputerów i sieci informatycznych, lecz także organizmów biologicznych, ludzkiego mózgu czy instytucji społecznych. Przykładowo kod genetyczny w biologii może być rozumiany jako szczególny sposób zapisu informacji o budowie organizmu, natomiast

procesy poznawcze zachodzące w ludzkim mózgu bywają interpretowane jako procesy przetwarzania informacji.

Światopogląd informatyczny jest więc ściśle związany z rozwojem nauk takich jak informatyka, matematyka, logika czy kognitywistyka. Wprowadza on do refleksji filozoficznej nowe kategorie opisu rzeczywistości, które wcześniej nie odgrywały tak istotnej roli. Jednocześnie nie stanowi on zamkniętego systemu filozoficznego, lecz raczej pewien kierunek interpretacji świata, który rozwija się wraz z postępem nauki i technologii. W kontekście współczesnych technologii często używa się pojęcia *sztucznej inteligencji*. W niniejszej pracy bardziej adekwatne będzie jednak określenie *inteligentny algorytm*. Termin ten pozwala uniknąć sugestii, że współczesne systemy informatyczne posiadają świadomość lub zdolność samodzielnego przeżywania rzeczywistości. W rzeczywistości pozostają one przede wszystkim złożonymi algorytmami przetwarzającymi dane zgodnie z określonymi regułami matematycznymi.

**Relacja światopoglądu informatycznego do typologii Diltheya.** Spośród klasycznych typologii światopoglądów to właśnie koncepcja Wilhelma Diltheya najbardziej użyteczna do analizy światopoglądu informatycznego. W tym kontekście najważniejsze pytanie brzmi: czy światopogląd informatyczny daje się interpretować jako jedną z odmian któregoś z trzech typów wyróżnionych przez Diltheya, to znaczy naturalizmu, idealizmu wolności albo idealizmu obiektywnego? Odpowiedź brzmi, że światopogląd informatyczny najbliższy jest *naturalizmowi*, choć nie w jego klasycznej, dziewiętnastowiecznej postaci, lecz jako jego współczesne rozwinięcie.

Naturalizm u Diltheya zakładał taki obraz świata, w którym rzeczywistość wyjaśnia się poprzez prawa przyrody, zależności przyczynowe oraz metody nauk szczegółowych. Świat jest uporządkowanym systemem zjawisk, a człowiek stanowi część natury i również podlega jej prawidłowościom. Naturalizm jest związany z dążeniem do obiektywnego, racjonalnego i naukowego opisu rzeczywistości. Taki właśnie rys odnajdujemy także w światopoglądzie informatycznym. On również opiera się na przekonaniu, że świat może być poznawany i wyjaśniany za pomocą pojęć naukowych, z tą jednak różnicą, że w miejsce tradycyjnych kategorii fizykalnych lub mechanicznych wprowadza kategorie informacyjne i algorytmiczne.

O ile więc klasyczny naturalizm tłumaczył rzeczywistość głównie przez odwołanie do materii, ruchu, praw przyrody i mechanizmu, o tyle światopogląd informatyczny czyni centralnymi pojęciami informację, algorytm, kod oraz system przetwarzania danych. Nie oznacza to jednak zerwania z naturalizmem, lecz raczej jego przekształcenie. Mamy tu do czynienia z przejściem od *naturalizmu mechanistycznego* do *naturalizmu informacyjnego*.

Rozwój biologii molekularnej doprowadził do utrwalenia się metafory kodu genetycznego, a więc rozumienia organizmu jako systemu, którego rozwój zależy od zapisanej w nim informacji. Z kolei w naukach kognitywnych pojawiła się tendencja do opisywania procesów poznawczych jako form przetwarzania informacji. W światopoglądzie informatycznym tego rodzaju tendencje zostają uogólnione i potraktowane nie tylko jako użyteczne modele naukowe, lecz również jako podstawa bardziej całościowej wizji rzeczywistości. To właśnie w tym miejscu ujawnia się pokrewieństwo z naturalizmem Diltheya. Rzeczywistość jest poznawalna, że można ją opisywać językiem nauki oraz że człowiek, jego umysł i jego twory kulturowe nie są czymś radykalnie oddzielnym od świata przyrody.

Różnica polega jedynie na tym, że współczesna nauka dostarcza innych narzędzi opisu niż te, które dominowały w epoce Diltheya. Jeśli zatem naturalizm rozumieć szeroko jako taki typ światopoglądu, który opiera się na naukowym obrazie świata, to światopogląd informatyczny mieści się w jego obrębie. Jednocześnie należy zauważyć, że nie jest to identyfikacja całkowita i bezproblemowa. Wprowadzane elementy, których klasyczny naturalizm nie akcentował. Przede wszystkim pojęcie informacji nie jest tożsame z pojęciem materii. Informacja może być rozumiana jako struktura, relacja, porządek albo treść przekazu, a więc jako coś, co nie daje się łatwo zredukować do prostego modelu mechanistycznego. W tym sensie światopogląd informatyczny rozszerza naturalizm, ponieważ pokazuje, że współczesny naukowy obraz rzeczywistości nie musi już opierać się wyłącznie na fizyczności rozumianej w dawny sposób. Światopogląd informatyczny *nie tyle po prostu jest naturalizmem, ile stanowi jego współczesne rozwinięcie*. W czasach Diltheya

dominującym wzorcem racjonalności naukowej była fizyka i związany z nią model mechanistyczny. W epoce współczesnej coraz większą rolę odgrywają natomiast informatyka, teoria informacji, cybernetyka, biologia systemowa czy kognitywistka. Jeśli więc zmienia się dominujący model naukowego opisu rzeczywistości, to zmianie ulega także forma naturalizmu.

Światopogląd informatyczny mieści się w typologii Diltheya jako współczesna postać naturalizmu. Nie jest powtórzeniem dawnego naturalizmu, lecz jego przekształceniem pod wpływem rozwoju nauk informatycznych i technologii cyfrowych. To, co u Diltheya było naturalizmem naukowym, we współczesnej epoce przyjmuje postać naturalizmu informacyjnego, w którym kluczową rolę odgrywają pojęcia informacji, algorytmu i systemu przetwarzania danych. Klasyczne typologie światopoglądów nie muszą tracić aktualności wraz ze zmianą historycznych warunków. Same podstawowe orientacje myślenia zmieniają swoje historyczne formy. Światopogląd informatyczny byłby wtedy nie nowym typem całkowicie odrębnym od wcześniejszych, lecz nową odmianą jednej z orientacji już wcześniej opisanych przez filozofię.

**Relacja światopoglądu informatycznego do koncepcji Jaspersa.** Znacznie bardziej złożona niż w przypadku Diltheya jest kwestia relacji światopoglądu informatycznego do koncepcji światopoglądu obecnej u Karla Jaspersa. Trudność ta wynika przede wszystkim z odmiennego punktu wyjścia obu ujęć. O ile bowiem światopogląd informatyczny wyrasta z refleksji naukowej, technologicznej i metodologicznej, o tyle Jaspers ujmuje światopogląd jako wyraz egzystencji, a więc jako sposób, w jaki człowiek odnosi się do świata, siebie samego oraz nieusuwalnych granic własnego istnienia. Już z tego względu nie można oczekiwać pełnej zgodności obu perspektyw.

Światopogląd nie jest tylko zespołem przekonań teoretycznych ani jedynie naukowym obrazem rzeczywistości. Stanowi on całościową postawę wobec życia, która ujawnia się szczególnie wyraźnie w obliczu sytuacji granicznych, takich jak cierpienie, śmierć, wina czy walka. To właśnie konfrontacja z tymi doświadczeniami odsłania prawdziwy sens światopoglądu, ponieważ zmusza człowieka do odpowiedzi na pytanie, kim jest i jak ma żyć. Jaspers nie interesuje się zatem przede wszystkim tym, jak najtrafniej opisać strukturę świata, lecz tym, jak człowiek przeżywa własne istnienie i jakie formy sensu z tego przeżycia wydobywa.

Tymczasem światopogląd informatyczny ma inny charakter w ujęciu Pawła Stacewicza. Światopogląd ten „wyrasta z refleksji naukowej”, a zarazem „ciąży ku filozofii”. Oznacza to, że jego podstawowym żywiołem jest raczej poznanie i modelowanie niż egzystencjalne przeżycie.

Właśnie dlatego relacja do Jaspersa koncepcji światopoglądu nie polega na prostym przyporządkowaniu światopoglądu informatycznego do któregoś z typów czy postaw przez niego opisywanych. Mamy tu do czynienia z dwiema różnymi płaszczyznami analizy. Jaspers pyta o egzystencjalny sens światopoglądu, natomiast światopogląd informatyczny pyta przede wszystkim o to, czy i w jakim zakresie rzeczywistość można opisać za pomocą pojęć właściwych informatyce. U Diltheya zasadnicze pytanie brzmi: jaki jest obraz świata? U Jaspersa natomiast pytanie brzmi: jak człowiek przeżywa świat? Światopogląd informatyczny odpowiada głównie na pierwsze z tych pytań. W tekstach Stacewicza pojawiają się pytania o naturę informacji, o modelowanie umysłu, o złożoność problemów, o relację między światem, umysłem i systemami informatycznymi.

Nie znaczy to jednak, że światopogląd informatyczny jest całkowicie obojętny wobec problematyki człowieka. Stacewicz podkreśla, że w centrum tego światopoglądu znajduje się problem relacji między umysłem a systemami przetwarzania informacji, a także pytanie o to, na ile procesy poznawcze można modelować informatycznie. Jednak nawet tutaj punkt ciężkości pozostaje poznawczy i metodologiczny, a nie egzystencjalny. To właśnie w tym miejscu szczególnie wyraźnie ujawnia się ograniczenie światopoglądu informatycznego z perspektywy Jaspersa. Nawet najbardziej rozwinięta analiza informacyjna i algorytmiczna nie odpowiada automatycznie na pytanie, jak człowiek ma żyć i jak ma się odnieść do własnej skończoności. Można opisywać mózg jako system przetwarzania danych, a umysł jako strukturę informacyjną, ale taki opis nie rozstrzyga jeszcze, czym jest ludzka egzystencja w obliczu śmierci lub cierpienia. Ale między obiema koncepcjami nie zachodzi sprzeczność. Światopogląd informatyczny nie neguje przecież doświadczeń granicznych ani nie unieważnia problematyki egzystencji, po prostu nie stawia ich w centrum. Jaspers i zwolennicy światopoglądu informatycznego patrzą na człowieka i świat z różnych stron. Jaspers

akcentuje wewnętrzne doświadczenie człowieka i jego spotkanie z granicami istnienia, natomiast światopogląd informatyczny akcentuje strukturę, informację, modelowanie i poznawczą organizację rzeczywistości. Są to raczej perspektywy równoległe niż wzajemnie wykluczające się.

Światopogląd informatyczny może dostarczać nowego opisu współczesnego świata, w którym człowiek żyje, działa i podejmuje decyzje, natomiast perspektywa Jaspersa może przypominać, że żaden opis techniczny ani naukowy nie wyczerpuje ludzkiego doświadczenia. Człowiek pozostaje kimś więcej niż elementem systemu przetwarzania danych, ponieważ przeżywa siebie, doświadcza lęku, winy, cierpienia i potrzeby sensu. Właśnie dlatego, nawet jeśli współczesna kultura coraz częściej opisuje rzeczywistość w kategoriach informacji i algorytmów, nie oznacza to jeszcze, że egzystencjalny wymiar filozofii przestał być potrzebny.

Można więc sformułować następujący wniosek: *światopogląd informatyczny nie mieści się bezpośrednio w koncepcji światopoglądu u Jaspersa, ponieważ dotyczy innego poziomu refleksji filozoficznej*. Jaspers badał światopogląd jako postawę egzystencjalną wobec sytuacji granicznych, podczas gdy światopogląd informatyczny jest przede wszystkim współczesną formą naukowego i poznawczego opisu rzeczywistości. Nie zachodzi tu jednak sprzeczność, lecz raczej różnica perspektyw. Światopogląd informatyczny pokazuje, jak współczesny człowiek może rozumieć świat dzięki kategoriom informacji i algorytmu, zaś Jaspers przypomina, że nawet najbardziej zaawansowany opis świata nie zastępuje pytania o sens ludzkiego istnienia.

Taki rezultat pozwala uniknąć dwóch uproszczeń. Z jednej strony nie redukuje Jaspersa do autora kolejnej sztywnej typologii „izmów”, z drugiej zaś nie przecenia światopoglądu informatycznego, jakby miał on samodzielnie rozwiązać wszystkie problemy filozoficzne. Dzięki temu możliwe staje się bardziej wyważone stanowisko: światopogląd informatyczny jest ważnym i charakterystycznym dla współczesności sposobem rozumienia rzeczywistości, ale jego znaczenie ujawnia się głównie na poziomie naukowo-poznawczym, podczas gdy Jaspers pozostaje filozofem tego wymiaru ludzkiego doświadczenia, którego nie da się w pełni ująć ani obliczyć.

**Współczesne konstruowanie światopoglądów.** Rozważania nad światopoglądem informatycznym prowadzą do szerszego problemu, który dotyczy specyfiki współczesnej kultury. W dzisiejszych warunkach społecznych i humanistycznych światopogląd coraz rzadziej przyjmuje postać jednego, zwartego i wewnętrznie spójnego systemu, przejmowanego w całości z określonej tradycji filozoficznej, religijnej czy ideowej. Znacznie częściej staje się on konstrukcją indywidualną, budowaną przez jednostkę z elementów pochodzących z różnych źródeł.

Tę sytuację można opisać za pomocą dwóch obrazowych metafor. Pierwsza przypomina składanie konstrukcji z klocków Lego: jednostka nie otrzymuje już jednego gotowego modelu świata, lecz wybiera z różnych zestawów te elementy, które uznaje za najbardziej adekwatne do własnych potrzeb, doświadczeń i przekonań. Druga metafora, jeszcze bardziej sugestywna, porównuje współczesne kształtowanie światopoglądu do poruszania się po supermarkecie, w którym znajdują się liczne „półki” z różnymi propozycjami sensu, wartości i interpretacji rzeczywistości. Człowiek współczesny wybiera z nich poszczególne treści i łączy je we własną, mniej lub bardziej spójną całość.

Dana osoba może przejmować z chrześcijaństwa pewne normy moralne albo ideę godności osoby ludzkiej, ale nie akceptować chrześcijańskiej koncepcji życia po śmierci i w tym zakresie zwraca się ku buddyzmowi, hinduizmowi lub innym tradycjom religijnym. Z kolei obraz świata fizycznego może czerpać z nauk przyrodniczych i materializmu, natomiast refleksję nad cierpieniem i kruchością istnienia – z tradycji Wschodu. W ten sposób powstaje światopogląd o charakterze synkretycznym, patchworkowym, który nie pokrywa się w pełni z żadnym klasycznym systemem, lecz stanowi indywidualną kompozycję różnych elementów.

Ważne jest to, że w takim *supermarkecie światopoglądów* światopogląd informatyczny jawi się jako kolejna dostępna współcześnie propozycja interpretacyjna. Nie musi on zastępować wcześniejszych systemów ani wchodzić z nimi w bezpośredni konflikt. Może raczej zostać dołączony do indywidualnej wizji świata jako jeszcze jeden element, który przekonujący dla człowieka żyjącego w epoce informacji, sieci cyfrowych oraz inteligentnych algorytmów. Ktoś może zatem zachować tradycyjną religijną aksjologię, a jednocześnie rozumieć rzeczywistość przyrodniczą, społeczną czy

techniczną w kategoriach informacyjnych. Inna osoba może przyjąć naturalistyczny obraz świata, ale wzbogacić go właśnie o informatyczne pojęcia informacji, kodu i algorytmu.

Współczesne światopoglądy są mniej dogmatyczne i mniej jednolite niż dawne systemy filozoficzne. Nie oznacza to jednak, że stały się całkowicie dowolne. Nawet jeśli jednostka wybiera elementy z wielu tradycji, to wybór ten nie jest przypadkowy. Jest on zwykle uwarunkowany określonym doświadczeniem życiowym, środowiskiem społecznym, poziomem wykształcenia, dostępem do wiedzy oraz dominującymi w danej epoce formami racjonalności. Patchworkowy światopogląd posiada swoją wewnętrzną logikę. Nie jest jedynie chaotycznym zbiorem przekonań, lecz próbą odnalezienia orientacji w świecie, który sam stał się bardziej złożony, pluralistyczny i wielowymiarowy.

Typologie klasyczne zakładały istnienie względnie spójnych form światopoglądowych. Tymczasem człowiek współczesny coraz częściej nie „posiada” jednego światopoglądu w ścisłym sensie, lecz raczej konstruuje go na bieżąco, dostosowując do zmieniających się warunków życia i nowo pojawiających się zjawisk. Światopogląd informatyczny dobrze wpisuje się w ten proces, ponieważ sam jest produktem współczesnej cywilizacji i odpowiada na nowe doświadczenia związane z cyfrowością, globalną komunikacją, algorytmizacją życia społecznego oraz coraz większą rolą technologii w codziennym funkcjonowaniu człowieka.

Jeśli współczesny światopogląd bywa budowany na sposób selektywny i syntetyczny, to pytanie o to, czy światopogląd informatyczny „mieści się” w dawnych typologiach, należy rozumieć mniej rygorystycznie. Nie chodzi wyłącznie o formalne przyporządkowanie do jednego z klasycznych typów, lecz o uchwycenie, w jaki sposób nowe formy rozumienia rzeczywistości wchodzi w relacje z orientacjami już wcześniej opisanymi przez filozofię. Z tej perspektywy światopogląd informatyczny można traktować zarówno jako współczesną odmianę naturalizmu, jak i jako jeden z nowych „produktów” dostępnych w pluralistycznym supermarkecie światopoglądów.

**Wnioski.** Przeprowadzona analiza pozwala stwierdzić, że światopogląd informatyczny tylko częściowo mieści się w klasycznych typologiach światopoglądów zaproponowanych przez Diltheya i Jaspersa. Najbardziej trafne jest stanowisko pośrednie: pozostaje on z nimi w relacji częściowej zgodności, a zarazem wykracza poza ich zakres.

Z perspektywy Diltheya można go interpretować jako współczesne rozwinięcie naturalizmu, które przesuwając punkt ciężkości z kategorii przyrody na kategorię informacji. W odniesieniu do Jaspersa należy natomiast podkreślić, że światopogląd informatyczny należy do innego porządku refleksji: opisuje strukturę rzeczywistości, podczas gdy Jaspers koncentruje się na egzystencjalnym doświadczeniu człowieka.

Ostatecznie światopogląd informatyczny należy rozumieć jako *nową, współczesną postać światopoglądu, która częściowo rozwija wcześniejsze orientacje filozoficzne, ale nie daje się w pełni zamknąć w klasycznych typologiach. Nie tylko opisuje rzeczywistość, lecz współtworzy warunki jej rozumienia, wyznaczając granice tego, co dla człowieka staje się realne.*

## **Bibliografia:**

1. DILTHEY, W. (1987). *O istocie filozofii i inne pisma* (E. Paczkowska-Łagowska, Trans.). Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
2. JASPERS, K. (1971). *Psychologie der Weltanschauungen*. Springer-Verlag.
3. JASPERS, K. (1993). *Autobiografia filozoficzna* (S. Tyrowicz, Trans.). Comer.
4. KUDEROWICZ, Z. (1987). *Dilthey*. Wiedza Powszechna.
5. MARCISZEWSKI, W., & STACEWICZ, P. (2011). *Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit. Umysł – Komputer – Świat: O zagadce umysłu z informatycznego punktu widzenia / Witold Marciszewski, Paweł Stacewicz*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit.
6. STACEWICZ, P. (Ed.). (2015). *Od informatyki i jej zastosowań do światopoglądu informatycznego*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

7. TRYDEŃSKI, M. (2015). Doświadczenie graniczne w perspektywie filozofii Karla Jaspersa. W C. Piecuch (Ed.), *Karl Jaspers: W kręgu wielkich myślicieli współczesności*. Towarzystwo Autorów i Wydawców Prac Naukowych Universitas.

### 1.3. THE EVOLUTIONARY TRIUNITY OF UKRAINIAN EDUCATION: INSTRUCTION ↔ UPBRINGING ↔ DEVELOPMENT

### 1.3. ЕВОЛЮЦІЙНА ТРИЄДНІСТЬ УКРАЇНСЬКОЇ ОСВІТИ: НАВЧАННЯ ↔ ВИХОВАННЯ ↔ РОЗВИТОК

Сучасний розвиток освіти в Україні відбувається в умовах системних трансформацій, зумовлених глобальними процесами цифровізації, інтелектуалізації та гуманізації, що актуалізує утвердження компетентнісної парадигми як методологічної основи оновлення змісту й організації навчання. Перехід від абсолютизації знанневої моделі до формування здатності діяти в складних і невизначених ситуаціях зумовлює органічне поєднання компетентності з креативністю як ключовими характеристиками освітнього поступу. Водночас модернізація освіти відбувається у рідніщі європейських цінностей, орієнтованих на розвиток особистості, громадянської відповідальності та національної і культурної ідентичності, що посилює значущість аксіологічного виміру та концепції нової, багатовимірної, грамотності. Реалізація цих орієнтирів потребує оновлення дидактичного інструментарію, зокрема переосмислення ролі підручника та загальнонавчальних методів як засобів розвитку критичного мислення, метакогнітивних умінь і здатності до самонавчання. Ефективність освітнього процесу пов'язується з проблематизацією навчання, інтерсуб'єктною взаємодією та діалогічністю, що сприяють активному конструюванню знань і формуванню досвіду діяльності. У цих умовах освіта постає як цілісна екосистема, у якій інтегруються цінності, уміння й знання, водночас реагуючи на виклики цифрової епохи та розвиток штучного інтелекту, що відкриває перспективи персоналізації навчання й трансформації освітніх ресурсів у напрямі інтерактивності та багатовимірності.

У контексті триєдиної освітньої мети поняття «навчання», «виховання» і «розвиток» слід розглядати не окремішньо, а узв'язнено й узв'язнено – як процеси, що формують цілісну особистість (Бондаренко, & Косянчук, 2022б). За такого підходу *навчання* постає цілеспрямовано організованим обопільним процесом діяльності педагога і здобувачів освіти, що спрямовується на здобуття й засвоєння знань, формування компетентностей, наскрізних умінь і здатності застосовувати їх у реальному житті.

Якість знань визначає якість освіти загалом. Високоякісні знання наділені певними ключовими параметрами. Це *правильність, повнота, глибина, усвідомленість, систематичність, системність, дієвість (застосовність), оперативність, пластичність (гнучкість), конкретність, узагальненість, тривкість* (Бондаренко, & Косянчук, 2021, с. 85). Тобто, учень має не просто «знати», а вміти використовувати; не просто думати, а розвивати критичність і системність мислення; не бути пасивним споглядачем, а навчатися через діяльність і співдіяльність. *Виховання* визначаємо як усистемнений і цілеспрямований процес формування моральних якостей, ціннісної матриці особистості, ціннісної (аксіологічної) картини світу, засвоєння цінностей – загальнолюдських, національних, громадянських, особистих, інших, становлення світогляду, громадянської позиції, соціальної поведінки особистості тощо. Mandeep Rai здійснила масштабне дослідження щодо ціннісних пріоритетів народів 101 країни і виокремила одну ключову цінність для кожної нації. Українці традиційно надали перевагу свободі (Rai, 2020). Двоєдиний процес інтеріоризації (прийняття і засвоєння цінностей) та екстеріоризації (реалізація ціннісних і смисложиттєвих уявлень у способі життя) включає виховання на зразках (кейсах), через приклад, досвід і середовище, а не лише педагогічні настанови чи рекомендації, через розвиток емоційного інтелекту; формування відповідального громадянина України (Бондаренко, & Косянчук, 2023). Ціннісні виміри нової освітньої парадигми передбачають врахування процесу реінтеграції України в Європу через глибинну трансформацію світосприймання, думання, життєвої філософії, світогляду й аксіологічної картини світу, переорієнтації установок, критеріїв та оцінок, позбавлення від ціннісних, ідеологічних, мовних, політичних, економічних, культурних, духовних та інших

деформацій, спотворення правдивого образу, яких зазнала Україна внаслідок кількасотлітнього перебування у складі імперії (Бондаренко, 2019в; Bondarenko, 2023, с. 265).

*Розвиток* розуміємо як процес кількісних та якісних змін у психіці й особистості учня загалом, що забезпечує розкриття його потенціалу, здібностей і здатності до самореалізації за індивідуальної траєкторії розвитку; за навчання як способу цього розвитку, а не самоцілі; за розгортання креативності, комунікаційності й адаптивності до змін і глобалізації інформаційного, соціального, економічного тла. Значним розвитковим потенціалом наділені проблематизоване навчання, комплексний процес формування ключових компетентностей (Бондаренко, & Косянчук, 2018; Бондаренко, 2020; Бондаренко, & Косянчук, 2022а).

Розглянемо докладніше кожен із синергетичних пазлів триєдиної освітньої мети, спрямованих на формування цілісної особистості учня.

*Навчання.* Навчати  $\Rightarrow$  НА+В+ЧАТИ. Як поєднуються наукова етимологія та смислова інтерпретація, зокрема педагогічна? Слово «навчання» походить від дієслова «навчати», де структурно НА є префіксом, що вказує на своєрідну завершеність спрямованої дії. Корінь ВЧ пов'язаний зі словами «ВЧити», Учень, Вчення тощо. Дієслівний суфікс – АТИ. Корінь «ВЧ» – дуже давній, пов'язаний із процесом передавання знань, досвіду, чинностей-чеснот. Навчитися – це ніби бути здатним «зчитувати» реальність. Паулу Фрейре писав: «Зчитування світу передуює читанню слова, а подальше читання слова не може обійтися без постійного зчитування світу» (за: Thomas, 2022). Отже, навчання є процесом, у якому здобувач освіти поступово набуває здатності «зчитувати» світ, себе і взаємодії в ньому.

Український освітній тризуб-навчання – це своєрідна тріада, куди входять: «інформація (дані, факти, сигнали), смисли (що це означає) і досвід (як це проживається і застосовується). За такого підходу навчання бачиться процесом формування здатності здобувача освіти працювати з інформацією як носієм смислів шляхом співвіднесення її з власним і соціальним досвідом. Навчання «читати» виходить за рамки даних як таких, доєднуючи смислово насичений досвід світу, де навчання не обмежується запам'ятовуванням фактів і елементарним розумінням, а збагачується інтерпретацією, осмисленням та одночасною інтеграцією в досвід. Основу такого освітнього процесу становлять діалогічність, компетентнісний, особистісно орієнтований і діяльнісний підходи, критичність і системність мислення, а також рефлексійність (Бондаренко, 2019а, Бондаренко, 2019б; Бондаренко, & Косянчук, 2025а).

Така формула уособлює міст, що веде до досягнення триєдиної мети. Навчання передбачає роботу з інформацією, смислами і досвідом. Виховання – відповідає за смисли, цінності, які ми вважаємо значущими і прагнемо сформувати в учнів. Розвиток визначає, наскільки глибоко і самостійно ми можемо все це синергізувати і, спираючись на стандарти, типові й модальні програми, уцінніснювати, усмислювати, удосвідчувати здобувачів освіти.

Освіта має ґрунтуватися на усвідомленні того, що людина не просто перебуває у світі. Вона проживає життя у постійній його інтерпретації. За такого розуміння освіта перестає бути традиційною «передачею знань», а стає налаштуванням цієї інтерпретаційної системи.

Навчання як процес розуміння смислів і досвіду запускає виховання як механізм їх внутрішнього відбору та зовнішнього прояву, що, своєю чергою, веде до розвитку – якісного перетворення особистості, яке відкриває нові горизонти для подальшого навчання.

3-поміж сучасних ефективних прийомів здобування й засвоєння знань вирізняються *автоматизація відбору інформації; аналіз критичний; взаємонавчання; використання штучного інтелекту як співрозмовника; відповіді на запитання; візуалізація ідей; діалогування; картування думок; навчання через дію* тощо (Бондаренко, & Косянчук, 2026).

*Використання штучного інтелекту як співрозмовника* – прийом, за якого штучний інтелект (ШІ) активно залучається до освітнього процесу для взаємодії з його суб'єктами, надання зворотного зв'язку і створення навчальних матеріалів; дає змогу персоналізувати навчання і стимулює активну участь здобувачів освіти. Задля успішної реалізації прийому рекомендуємо вчителю вибрати платформу (програмне забезпечення) з ШІ для взаємодії. Запитання і завдання для учнів, на які ШІ може дати відповідь чи надати зворотний зв'язок,

педагог може формулювати самостійно або спільно з учнями. Зворотний зв'язок ШІ використовується для покращення розуміння учнями матеріалу. По завершенні уроку вчитель має проаналізувати, як ШІ може унефективити освітній процес. Надалі можна використати ШІ для персоналізованого навчання.

Так, на уроках української мови доцільним є застосування ШІ для створення структурованих планів творів, редагування текстів і моделювання публічних виступів; у курсі літератури закордоння – для багаторівневого аналізу художніх текстів, зіставлення образів і формулювання інтерпретацій; у біології – для організації віртуальних лабораторій і моделювання експериментів; у фізиці – для розрахунків, візуалізації процесів і прогнозування результатів; у навчанні підприємництва та фінансової грамотності – для проведення бізнес-симуляцій і аналізу управлінських рішень; в основах здоров'я – для моделювання ситуацій і формування вмінь ухвалювати рішення щодо збереження здоров'я; в інформатиці – для розроблення алгоритмів і створення чатботів. Використання ШІ як співрозмовника постає універсальним дидактичним прийомом, що інтегрує різні види навчальної діяльності, сприяє розвитку критичності й системності мислення і забезпечує адаптивність освітнього процесу до індивідуальних потреб учнів.

*Виховання. ВИ+ХОВ+АННЯ.* Графічне зображення «ВИ+ХОВ+АННЯ» не є академічно бездоганим з огляду на відступ від законів мовознавства. Насправді «виховання» походить від «виховати», що історично пов'язане зі словом «ховати» (у давньому значенні – доглядати, плекати, ростити). Тобто, первісний смисл – «виховати» (зростити, виплекати, доглянути). Однак якщо свідомо прийняти операціоналізацію «ВИ+ХОВ+АННЯ», то прочитати це можна дещо інакше. «ВИ» – прояв, екстеріоризація, вихід назовні (на зразок «вийти», «висловити», «виявити»), де внутрішнє стає зовнішнім, помітним, прочитуваним, готовим для сприйняття, аналізу, переосмислення тощо. Далі – «ХОВ» – зберігати, оберігати, плекати (від «ховати» – але не як «сховати», а як «доглядати»), де триєдине ядро становлять цінності, норми, внутрішній світ. «АННЯ» вказує на процесуальність – тривалий і безперервний процес. І маємо «виховання» як процес визволення (видобування назовні, оприявлення того, що було внутрішньо сформованим і виплеканим як неусвідомлена цінність). Тобто виховання набуває нового трактування як перехід внутрішніх смислів і цінностей у поведінку, дії та взаємодії.

Як цей пазл «зчіплюється» з навчанням? Якщо навчання вважати зчитуванням світу (інформація, смисли, досвід), то виховання бачиться як те, що саме з прочитаного стає внутрішнім ядром особистості здобувачів освіти. Це вже не «правила поведінки» чи «моралізування», бо формується внутрішній фільтр смислів, який визначає, що саме людина вважає правильним, і є дією, що усмислює для неї процес «ким я стаю».

Якщо повернутися до кореня слова «ховати» (плекати), то виховання – це як вирощування саду. Ми не «вигадуємо» дерево, а створюємо умови, щоб воно виросло, дало плоди і ставало окрасою саду.

Згідно з такою логікою навчання ідентифікується як «зчитування світу», а виховання – як «вибір і оприявлення смислів». І це є обоюдноспрямованим особистісним процесом, у якому педагог має правильно вибрати своє місце.

Внутрішнє накопичення учнем смислів, цінностей, норм, ставлень, емоцій, досвіду має гармонізуватися із зовнішніми впливами й підсилювати унікальність особистості за допомогою дидактичного інструментарію.

Зазначене дасть змогу вияскравлювати те, як усе це позначатиметься на зовнішніх проявах особистості, на її поведінці (й освітній зокрема), на виборі (ролей), на наслідуванні (стереотипи, негативні патерни тощо), на вчинках і стилі взаємодії. Тобто на тому, що стає видимим назагал, світові.

За такого підходу «виховання» стає не просто нав'язаним зовні впливом, формуванням, а природним і водночас педагогічно керованим процесом взаємопереходу між внутрішнім (прихованим) і зовнішнім (оприявленим).

Це ніби узгодженість того, що людина «ховає, накопичує» в собі, з тим, як вона це рефлектує і «виявляє» у світі. Але реальність інша, наприклад, хоч «знає, як правильно – але

так не робить», «говорить одне – робить інше». Це – конфлікт між «ХОВ» і «ВИ». Конфлікти не вирішуються силоміць і не мають розв'язуватись у такий спосіб. Завдання виховання викристалізується не як «вкласти правильне», а як синхронізувати внутрішні смисли і зовнішні дії. Учні не просто формуються, вони постійно перекладають «внутрішнє» у «зовнішнє» і навпаки. І те, що відбувається у цих процесах, – причина причин, про які не розкажуть і які не передбачать державні стандарти, типові та модельні програми. Не зосередять належної уваги на цьому автори підручників, посібників, методичних рекомендацій тощо. Бо не розказано про це і не передбачено – ні стандартами, ні типовими чи модельними програмами.

Виховання успішно здійснюється різноманітним дидактичним інструментарієм, куди входять такі прийоми як *аналіз цінностей; висловлення вільне на дошці, на стіні, на плакаті; обговорення протилежних точок зору; обґрунтування позиції; приклади зі щоденного життя; пропонування різних трактувань події; ситуація проблемна; спростовування думок; створення есе інтерпретаційних; читання смислове*, інші (Бондаренко, & Косянчук, 2026).

*Аналіз цінностей* – прийом для вивчення того, які моральні та культурні цінності притаманні суспільству, певній групі, особистості. Послідовність дій і взаємодій на уроці може мати такий вигляд: визначаються цінності досліджуваного суспільства (групи, особи, персонажа); оцінюється, як вони впливають на поведінку й ухвалення рішень; порівнюються цінності за соціальних, культурних, історичних змін; аналізується, як вони можуть змінюватися з часом; розглядається, як цінності впливають на виникнення й розв'язання проблем, як запобігають викликам або нівелюють наявні. Зокрема під час опанування української літератури та літератури закордоння доцільно аналізувати систему цінностей персонажів і мотиви їх вчинків; історії України – досліджувати моральні та релігійні орієнтири різних епох і їх вплив на суспільний устрій; громадянської освіти – осмислювати становлення базових демократичних цінностей у сучасному суспільстві; підприємництва та фінансової грамотності – вивчати етичні засади бізнесу та їх вплив на економічні процеси; психології – порівнювати сімейні цінності в різних культурах; соціології – аналізувати адаптацію до нових ціннісних систем у контексті міграції; філософії – здійснювати порівняльний аналіз етичних учень і моральних принципів. Аналіз цінностей як дидактичний прийом забезпечує глибоке осмислення соціокультурної реальності, сприяє формуванню критичності мислення та ціннісних орієнтацій і водночас інтегрує знанневий і виховний компоненти освітнього процесу.

*Розвиток. РОЗ+ВІТОК* (віток у сенсі джерело). Як знайти ключ від дверей, за якими джерело, за яким постійно «внутрішнє» перетікає у «зовнішнє» і навпаки? Як потрібно ті двері відчиняти і чи взагалі варто це робити? А як правильно діяти потрапивши за ті двері, – щоб не завдати шкоди ще не сформованій особистості учня?

Тут ключем може стати тільки «самоперетворення», викликане не «знаннями як такими» і не «декларованими цінностями», а результатом. Ключ – це результат зміни особистості. Не «щось, що відбувається», а – результат осмисленого і прожитого навчання. Це – коли навчання учнем осмислюється, а сам процес проживається. 3-поміж найефективніших інструментів, що ведуть до бажаного результату, є прийоми *вивчення змінюваності інтерпретацій з плином часу; застосування технік креативного мислення; комбінування ідей для нових рішень; пошук способів розв'язання проблем; генерування рішень; промптування (складання промптів); моделювання ситуацій із невизначеністю; моделювання успіху* тощо (Бондаренко, & Косянчук, 2026).

*Моделювання ситуацій із невизначеністю* – прийом створення моделей, які враховують елементи невизначеності, ризику, непередбачуваності; дає можливість підготуватися до різних варіантів розвитку подій, оцінити ймовірність наслідків і розробити ефективні стратегії управління ризиками. Цей прийом може бути реалізований у такій послідовності: визначення ситуації, мети моделювання, передбачення чинників; ідентифікація варіантів розвитку подій і джерел ризиків; побудова моделі з урахуванням різних сценаріїв і ймовірностей; здійснення аналізу ймовірних результатів і оцінка ризиків; розробка й оцінка стратегій управління

ризиками, невизначеністю; моніторинг і корекція стратегії (за потреби). Зокрема щодо історії України доцільно моделювати ситуації політичної нестабільності з аналізом ризиків і варіантів державного реагування; громадянської освіти – відтворювати соціальні конфлікти та шляхи їх розв'язання; біології та екології – прогнозувати вплив кліматичних змін на екосистеми; географії – аналізувати сценарії природних катастроф і заходи безпеки; фізики – досліджувати результати експериментів із випадковими змінними та похибками; підприємництва й фінансової грамотності – відпрацьовувати запуск бізнесу в умовах економічної нестабільності з розробленням антикризових стратегій; інформатики – моделювати кіберзагрози та механізми захисту; основ психології – аналізувати поведінку людини у стресових і невизначених ситуаціях та способи психологічної підтримки. Моделювання ситуацій із невизначеністю формує прогностичне мислення, готовність до ухвалення рішень у складних умовах і сприяє розвитку адаптивності та стійкості особистості.

**Висновки.** Узагальнення представлених дидактичних підходів і прийомів засвідчує, що сучасна освіта дедалі виразніше орієнтується не лише на засвоєння знань, а й на формування здатності діяти в умовах викликів, невизначеності та ціннісного вибору. Використання штучного інтелекту як співрозмовника, аналіз цінностей, моделювання ситуацій із невизначеністю та інші інструменти не є ізольованими практиками – вони утворюють систему, спрямовану на інтеграцію когнітивного, аксіологічного й діяльнісного вимірів освіти. Саме така інтеграція забезпечує перехід від лінійного накопичення знань до їх осмислення, застосування і трансформації в особистісний досвід, що, своєю чергою, актуалізує потребу розглядати освіту як безперервний, саморозвивальний процес.

Ключ – це поява, народження самопідживлюваної автосистеми проживання освіти, яка не має «кінця», не обмежується школою, стаючи способом існування: РОЗУМІННЯ → ВИБІР → ДІЯ → ПЕРЕТВОРЕННЯ → НОВЕ РОЗУМІННЯ. Доречною тут буде аналогія: млинові жорна, які мелють зерно (інформація); помел – як розуміння (навчання); замішування тіста – як внутрішня робота (виховання); випікання хліба – перетворення (розвиток). І кожна нова хлібина – як інший рівень самомайстерки. Так з'являтимуться нові внутрішні джерела дії, мислення і смислу.

Навчання: зчитуємо світ (інформація → смисли → досвід → розуміння). Виховання (ховати і виявляти) – інтеріоризуємо ↔ екстеріоризуємо цінності. Розвиток – розгортаємо нові витoki (щоб з'явилися нові джерела становлення особистості).

*Навчання ↔ виховання ↔ розвиток.* Це як тризуб української освіти. Знання і вміння як інструменти надає навчання. Як і для чого використовувати ці інструменти – визначає виховання. А розвиток забезпечує глибину і творчість особистості в цих процесах.

Реалізації оприявнених ідей сприятимуть дослідження, розробка й найдоцільніше використання сучасних методів, прийомів, організаційних форм і засобів навчання з урахуванням розвитку новітніх технологій і зокрема штучного інтелекту (Бондаренко, & Косянчук, 2025б, 2025в).

Логіка сучасної освіти полягає у взаємозумовленому поєднанні навчання, виховання і розвитку як єдиного динамічного циклу, у якому знання стають підґрунтям для формування цінностей, цінності – орієнтирами для діяльності, а діяльність – джерелом подальшого особистісного зростання. Такий підхід відкриває можливість осмислення освіти як автопоетичної системи, здатної до самовідтворення і самозбагачення, що й зумовлює перехід до наступного концептуального блоку, у центрі якого – ідея безперервного колообігу розуміння, вибору, дії та перетворення як способу життєздійснення особистості в освіті.

## Література:

1. БОНДАРЕНКО, Н. В. (2019а). Компетентнізація шкільної освіти: українська версія. *Science and society*. Hamilton, Canada, 124-135. <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/716810/>.

2. БОНДАРЕНКО, Н. В. (2019б). Мейнстрім освітнього прогресу в Україні – компетентність ↔ креативність. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. Stuttgart, Germany, 91-102. <http://lib.iitta.gov.ua/716981/>.
3. БОНДАРЕНКО, Н. В. (2019в). Цінності об'єднаної Європи та їх формування в Українській новій школі. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. Stuttgart, Germany, 62-74. <http://lib.iitta.gov.ua/716727/>.
4. БОНДАРЕНКО, Н. В. (2020). Україна під «новою парасолькою грамотності». *Нова педагогічна думка*, 2 (102). 55-59. <http://lib.iitta.gov.ua/721413/>.
5. БОНДАРЕНКО, Н. В., & Косянчук, С. В. (2018). Розвиток життєвих компетентностей старшокласників засобами підручника української мови. *Проблеми сучасного підручника*. Київ, (21), 44-56. <http://lib.iitta.gov.ua/711797/>.
6. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2021). Загальнонавчальні методи як дидактичний інструмент інтелектуалізації освіти. *Digital transformation of society: theoretical and applied approaches*. Monograph 46. Katowice: Publishing House of University of Technology, 2021, 82-94. <http://lib.iitta.gov.ua/728003/>.
7. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2022а). Проблематизація як атрактор удосконалення мовної освіти. *Digitalization and information society. Selected issues*. Monograph 53. Publishing House of University of Technology, Poland, Katowice. 2022. P. 161-184. (<https://doi.org/10.54264/M008>). <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/731132/>.
8. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2022б). Український метавсесвіт освіти XXI століття: цінності – уміння – знання. *Edukacja i społeczeństwo VII*. Opole: wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Administracji w Opolu, Polska, 412-431. <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/732315/>.
9. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2023). *Аксіологічний концепт національно-патріотичного виховання*. Київ: Фенікс, 52 с. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734569/>.
10. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2025а). Діалогівання як інтерсуб'єктний метод компетентнісного навчання. *Innovation and digital transformation: education, economy and society dimensions*. [Monograph]. Poland: The University of Technology in Katowice Press, 24-30. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/746951/> (<https://doi.org/10.54264/M054>).
11. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2025б). Реалізація потенціалу освіти і науки у контексті державної політики розвитку штучного інтелекту в Україні до 2030 року. *Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи. Том 13: Інновації в освіті та науці: трансформація підходів і технологій*. Конін – Ужгород – Перемишль – Миколаїв: Посвіт, 32-45. [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745347/1/BNV\\_KSV\\_2025\\_mono\\_13\\_Poland.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745347/1/BNV_KSV_2025_mono_13_Poland.pdf).
12. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2025в). Футуристичні абрисы й дидактико-методичний потенціал українського підручника. *Обдарованість: методи діагностики та шляхи розвитку*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 104-119. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745901/>.
13. БОНДАРЕНКО, Н. В., & КОСЯНЧУК, С. В. (2026). *Глосарій педагогічних прийомів навчання, виховання і розвитку: енциклопедичний довідник двомовний електронний*. Київ, 232. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/748562/>.
14. BONDARENKO, N. V. (2023). Автентичність оптики головного дзеркала: освітня євроєнтеграція України. *The scientific paradigm in the context of technological development and social change*. Monograph. Part 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 264-287. <http://lib.iitta.gov.ua/735122/>.
15. RAI, M. (2020). «The Values Compass». *What 101 Countries Teach Us About Purpose, Life, and Leadership*. <https://www.simonandschuster.com/books/The-Values-Compass/Mandeep-Rai/9781501183386/>.

16. THOMAS, P. L. (2022). *Paulo Freire, reading, science of reading Paulo Freire...* October 13. [https://radicalsolarship.com/2022/10/13/paulo-freire-reading-the-world-always-precedes-reading-the-word-and-reading-the-word-implies-continually-reading-the-world/#:~:text=Paulo%20Freire:%20%E2%80%9CReading%20the%20world%20always%20precedes,the%20world.%E2%80%9D%20%7C%20dr.%20p.l.%20\(paul\)%20thomas](https://radicalsolarship.com/2022/10/13/paulo-freire-reading-the-world-always-precedes-reading-the-word-and-reading-the-word-implies-continually-reading-the-world/#:~:text=Paulo%20Freire:%20%E2%80%9CReading%20the%20world%20always%20precedes,the%20world.%E2%80%9D%20%7C%20dr.%20p.l.%20(paul)%20thomas).

## 1.5. METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR THE USE OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION FOR INDIVIDUALS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

### 1.5. СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ВОЛОНТЕРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ОСІБ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА

**Обґрунтування актуальності проблеми.** У процесі становлення нових соціокомунікаційних реалій в сучасному суспільстві під впливом цифровізації, розвитку інформаційних технологій та трансформації соціальних практик відбуваються динамічні зміни. У цих умовах особливої ваги набуває проблема забезпечення рівного доступу до соціальної, освітньої та психологічної підтримки для осіб з особливими освітніми потребами, що є важливим показником гуманістичної спрямованості та соціальної зрілості держави.

Волонтерська діяльність виступає ефективним механізмом мобілізації суспільних ресурсів і формою громадянської активності, спрямованою на підтримку вразливих категорій населення. Водночас розвиток інформаційного суспільства суттєво змінює зміст і форми волонтерства, зокрема через поширення онлайн-комунікації, дистанційної взаємодії та цифрових платформ, що відкриває нові можливості для надання допомоги особам з особливими освітніми потребами.

Попри значний науковий інтерес до проблем волонтерської діяльності, питання визначення сучасних напрямів її розвитку в умовах інформаційного суспільства, особливо у контексті підтримки осіб з особливими освітніми потребами, залишається недостатньо систематизованим і потребує подальшого теоретичного осмислення. Недостатньо дослідженими є також можливості інтеграції цифрових технологій у волонтерську практику, їх вплив на ефективність соціально-педагогічної взаємодії та рівень доступності допомоги.

Необхідність дослідження сучасних напрямів розвитку волонтерської діяльності для осіб з особливими освітніми потребами в умовах інформаційного суспільства визначається її значною соціальною, освітньою та практичною значущістю, а також потребою у вдосконаленні науково-методичних підходів до організації такої діяльності. Актуальність теми посилюється наявністю суперечностей між зростанням потреб осіб з особливими освітніми потребами у комплексній підтримці та обмеженістю традиційних форм волонтерської діяльності; між потенціалом цифрового середовища і рівнем його використання у волонтерській практиці; між суспільною потребою у розвитку волонтерського руху та недостатнім рівнем його організаційно-методичного забезпечення.

**Аналіз актуальних досліджень.** Нормативно-правову основу волонтерської діяльності в Україні становлять законодавчі акти, зокрема Закони України «Про волонтерську діяльність», «Про соціальну роботу з сім'ями, дітьми та молоддю», «Про соціальні послуги», які визначають принципи її організації, серед яких: законність, гуманність, добровільність, рівність, безоплатність і неприбутковість. У зазначених документах також окреслено ключові напрями реалізації волонтерської діяльності, зокрема у соціальній та освітній сферах. Проблема волонтерства є предметом ґрунтовних досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних учених, у наукових працях яких розкрито теоретичні засади, організаційно-правові аспекти, мотиваційні чинники та практичні моделі волонтерської діяльності (В. Вашкович, В. Голуб, Ю. Кривенко, І. Петренко, В. Сірко, К. Сидоренко та ін.).

Науковому осмисленню проблеми розвитку волонтерства сприяють наукові розвідки вітчизняних учених, які присвячені історичним та практичним аспектам цього феномена (А. Аніщенко, З. Бондаренко, І. Зверева, А. Капська, О. Кузьменко, Г. Лактіонова, С. Харченко, І. Юрченко та ін.), організації роботи з волонтерами (А. Бабичева, С. Довбня, Т. Морозова). Окремий напрям досліджень пов'язаний із визначенням сутності та специфіки волонтерства (М. Бааженова, О. Кленкіна, Б. Нікітіна та ін.), у яких зазначається, що волонтерська діяльність виступає ефективним механізмом мобілізації суспільних ресурсів і формою громадянської активності, спрямованою на підтримку вразливих категорій населення.

Водночас розвиток інформаційного суспільства суттєво змінює зміст і форми волонтерства, зокрема через поширення онлайн-комунікації, дистанційної взаємодії та цифрових платформ, що відкриває нові можливості для надання допомоги особам з особливими освітніми потребами. Окрему увагу приділено питанням корекційно-розвиткової складової організації допомоги, соціальної підтримки осіб з особливими освітніми потребами (З. Гуріна, В. Засенко, Н. Левун, М. Малофєєв, С. Миронова, Н. Назарова, Л. Прохоренко, В. Синьов, М. Шеремет).

Попри значний науковий інтерес до проблем волонтерської діяльності, питання визначення сучасних напрямів її розвитку в умовах інформаційного суспільства, особливо у контексті підтримки осіб з особливими освітніми потребами, залишається недостатньо систематизованим і потребує подальшого теоретичного осмислення. Недостатньо дослідженими є також можливості інтеграції цифрових технологій у волонтерську практику, їх вплив на ефективність соціально-педагогічної взаємодії та рівень доступності допомоги. Необхідність дослідження сучасних напрямів розвитку волонтерської діяльності для осіб з особливими освітніми потребами в умовах інформаційного суспільства визначається її значною соціальною, освітньою та практичною значущістю, а також потребою у вдосконаленні науково-методичних підходів до організації такої діяльності.

*Мета дослідження* полягає в теоретичному обґрунтуванні та системному аналізі сучасних напрямів розвитку волонтерської діяльності, спрямованої на підтримку осіб з особливими освітніми потребами в умовах інформаційного суспільства, а також у визначенні ефективних форм, методів і моделей її організації з урахуванням цифровізації, інклюзивних підходів та соціальних викликів сучасності.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується високою динамічністю, складністю та унікальністю соціальних процесів і явищ. Усе розмаїття цих процесів відображається у різних видах соціальної діяльності людини, серед яких провідне місце посідають економічна, політична, культурна та інші форми суспільної взаємодії. Особливого значення в цьому контексті набуває волонтерська діяльність як специфічний вид соціальної активності. В умовах інформаційного суспільства волонтерська діяльність зазнає суттєвих трансформацій, набуваючи нових форм і напрямів розвитку, зокрема у сфері підтримки осіб з особливими освітніми потребами. Це зумовлює необхідність наукового осмислення її змісту, функцій та потенціалу як інструменту соціальної інтеграції та інклюзії.

Волонтерство визначається як діяльність, що передбачає надання безоплатної допомоги окремими особами або групами людей як суспільству в цілому, так і конкретним його представникам. Його ідеологічна основа ґрунтується на принципах безкорисливого служіння гуманістичним цінностям і не передбачає отримання матеріальної винагороди, особистої вигоди чи підвищення соціального статусу (Голуб, 2014).

Сучасні концепції волонтерської діяльності ґрунтуються на ідеї безкорисливої допомоги тим, хто її потребує, законах моралі, християнських цінностях та гуманістичних засадах альтруїзму. У науковому обігу існує низка близькоспоріднених понять на позначення безкорисливої діяльності заради суспільного блага. Проте, кожне з цих понять несе певний відтінок змістового значення. Протягом розвитку людської цивілізації, у різних культурах та суспільствах феномен волонтерства існував у тому чи іншому прояві. На сучасному етапі волонтерська діяльність реалізується у формі організованого руху, що функціонує на законодавчо закріплених засадах та має міжнародний характер.

Волонтерство, що ґрунтується на принципах добровільності, безоплатності та соціальної відповідальності, виступає важливим механізмом реалізації гуманістичних цінностей сучасного суспільства. Його сутність полягає у наданні особою безкорисливої допомоги іншим, що відображає глибинні основи соціальної природи людини та її здатність до емпатії, співпраці й солідарності. У цьому аспекті волонтерська діяльність постає як одна з фундаментальних характеристик людини як соціальної істоти (Пижук, 2015).

На сучасному етапі розвиток волонтерського руху в Україні зумовлюється поєднанням внутрішніх і зовнішніх ресурсів. Внутрішній потенціал пов'язаний із відродженням і переосмисленням національних традицій добровільної допомоги, коли окремі ініціативні

особи об'єднуються у волонтерські групи, що з часом інституціоналізуються в організації задля підвищення ефективності та системності діяльності. Зовнішній ресурс формується під впливом міжнародного досвіду та розвитку інституту міжнародного волонтерства, що сприяє впровадженню інноваційних підходів, технологій і моделей організації волонтерської діяльності в Україні (Житник, 2015; Паславська, 2015).

У результаті таких процесів волонтерські організації активізують взаємодію з державними структурами, поступово посилюючи свій вплив на формування та реалізацію соціальної політики. Водночас становлення волонтерського руху має певною мірою стихійний характер, що супроводжується широким залученням представників різних професійних сфер. Це, своєю чергою, сприяє підвищенню рівня професіоналізації, міждисциплінарності та результативності волонтерської діяльності (Романова, 2015).

У контексті надання допомоги особам з особливими освітніми потребами особливої уваги набуває класифікація волонтерської діяльності за її цільовим спрямуванням. Зокрема, виокремлюють такі основні напрями: соціальний, медичний, освітньо-культурний, спортивний та екологічний. Кожен із зазначених напрямів має потенціал для забезпечення комплексної підтримки осіб з особливими освітніми потребами, сприяючи їхній соціальній інтеграції, розвитку та підвищенню якості життя в умовах інформаційного суспільства (Рис. 1).

<b>1. Цільовий блок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•<b>Мета:</b> Сприяння соціальній інтеграції та самореалізації осіб з особливими освітніми потребами через залучення до волонтерської діяльності в умовах інформаційного суспільства.</li> <li>•<b>Завдання:</b> – формування соціальної та громадянської компетентностей; розвиток цифрової грамотності; забезпечення доступності волонтерських практик; стимулювання активної громадянської позиції.</li> </ul>
<b>2. Методологічний блок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•<b>Підходи:</b> компетентнісний; інклюзивний; діяльнісний; особистісно орієнтований; цифровий (інформаційно-комунікаційний)</li> <li>•<b>Принципи:</b> доступності; рівних можливостей; соціального партнерства; варіативності діяльності; адаптивності середовища</li> </ul>
<b>3. Змістовий блок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1. Соціальне волонтерство:</b> допомога вразливим групам; підтримка осіб з інвалідністю; участь у соціальних проєктах.</li> <li>• <b>2. Інклюзивне волонтерство:</b> спільна діяльність осіб з особливими освітніми потребами і осіб з нормотиповим розвитком; взаємодопомога та наставництво</li> <li>• <b>3. Цифрове (онлайн) волонтерство:</b> участь у онлайн-проєктах; інформаційна підтримка; створення цифрового контенту.</li> <li>• <b>4. Освітнє волонтерство:</b> участь у тренінгах, вебінарах; взаємонавчання.</li> <li>• <b>5. Екологічне та громадянське волонтерство:</b> участь у соціальних ініціативах; розвиток громадянської активності.</li> </ul>
<b>4. Організаційний блок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Форми реалізації:</b> індивідуальна; групова; дистанційна (онлайн); змішана</li> <li>• <b>Методи:</b> проєктний метод; тренінги; кейс-методи; ігрові технології; наставництво (менторство)</li> <li>• <b>Засоби:</b> цифрові платформи; соціальні мережі; адаптивні технології; мобільні додатки</li> </ul>
<b>5. Умови реалізації</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• – створення інклюзивного освітнього середовища;</li> <li>– забезпечення цифрової доступності;</li> <li>– підготовка координаторів волонтерства;</li> <li>– міжсекторальна взаємодія (освіта, громада);</li> <li>– психолого-педагогічний супровід.</li> </ul>
<b>6. Результативний блок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Очікувані результати:</b> підвищення рівня соціальної адаптації; розвиток комунікативних і цифрових навичок; формування громадянської активності; зростання рівня самостійності; інтеграція в суспільство.</li> <li>• <b>Критерії оцінювання:</b> мотиваційний; діяльнісний; когнітивний; соціально-комунікативний</li> </ul>

*Рис. 1. Практична модель розвитку волонтерської діяльності для осіб з особливими освітніми потребами*

У ході дослідження було визначено провідні напрями волонтерської діяльності у соціальній сфері, які набувають особливої актуальності в умовах інформаційного суспільства

та розширення практик підтримки осіб з особливими освітніми потребами. До ключових напрямів належать наступні:

- волонтерська діяльність, спрямована на надання соціальної допомоги особам, які опинилися у складних життєвих обставинах, зокрема у зв'язку з інвалідністю, віковими обмеженнями, станом здоров'я, відсутністю житла чи зайнятості, а також постраждалим від надзвичайних ситуацій природного чи техногенного характеру. У межах цього напрямку реалізується широкий спектр соціальних послуг, орієнтованих на підтримку базових потреб і відновлення соціального функціонування.

- важливим напрямом є надання соціальних послуг дітям і молоді, які перебувають у складних життєвих ситуаціях, зумовлених інвалідністю, хронічними захворюваннями, сирітством, безпритульністю, малозабезпеченістю або несприятливими сімейними обставинами, зокрема конфліктами та випадками насильства. У цьому контексті волонтерство розглядається як ефективний інструмент соціальної підтримки, профілактики соціального виключення та забезпечення доступу до освітніх і соціальних ресурсів.

- добровільна допомога соціально вразливим категоріям населення, таким як малозабезпечені, безробітні, багатодітні сім'ї, бездомні та інші особи, які потребують соціальної реабілітації та інтеграції у суспільство.

- діяльність, пов'язана із забезпеченням догляду та підтримки осіб, які через стан здоров'я або соціальні обставини потребують постійної допомоги, зокрема людей з інвалідністю, осіб похилого віку, самотніх громадян. Такий напрям сприяє підвищенню якості життя зазначених категорій та створенню умов для їхньої максимально можливої самостійності.

- надання допомоги особам, які постраждали внаслідок надзвичайних ситуацій, збройних конфліктів, соціальних потрясінь, а також біженцям і внутрішньо переміщеним особам. У сучасних умовах цей напрям набуває особливої значущості, поєднуючи гуманітарну підтримку з використанням інформаційних технологій для координації допомоги.

- напрям, пов'язаний із підтримкою осіб, які через фізичні, психічні чи інші порушення зазнають обмежень у реалізації своїх прав і законних інтересів. У цьому контексті волонтерська діяльність виступає як засіб забезпечення рівних можливостей, сприяння інклюзії та розширення доступу до освітніх, соціальних і цифрових ресурсів. Окреслені напрями волонтерської діяльності формують цілісну систему соціальної підтримки, що в умовах інформаційного суспільства орієнтується на інтеграцію інноваційних підходів та забезпечення ефективної допомоги особам з особливими освітніми потребами.

Одним із ключових напрямів розвитку волонтерської діяльності осіб з особливими освітніми потребами в умовах інформаційного суспільства виступає інклюзивне волонтерство. Його доцільно розглядати як специфічну форму громадянської участі, що забезпечує залучення осіб з обмеженими можливостями здоров'я до суспільно корисної діяльності, сприяє розширенню їх соціальної взаємодії та виступає ефективним інструментом розв'язання актуальних соціальних проблем (Порошенко, 2019).

Інклюзивне волонтерство постає як дієвий механізм консолідації ресурсів держави та громадянського суспільства, спрямований на підвищення ефективності соціальної політики. Його розвиток сприяє активізації громадської ініціативи, посиленню соціальної згуртованості та формуванню середовища, орієнтованого на рівні можливості участі для всіх категорій населення. У цьому контексті інклюзивне волонтерство функціонує не лише як соціальна практика, але й як система знань і технологій у сфері розвитку людського потенціалу, що забезпечує умови для активного залучення громадян різного віку до вирішення суспільно значущих завдань і становлення інституту активного громадянства (Колишкін, 2013).

Водночас ефективна організація інклюзивного волонтерства потребує врахування специфічних особливостей учасників, зокрема їхніх функціональних можливостей і обмежень здоров'я, що зумовлює необхідність формування відповідних управлінських і організаційних компетентностей. До ключових аспектів, які слід ураховувати, належать порушення фізичного здоров'я (зокрема опорно-рухового апарату, сенсорних функцій – слуху та зору, а також

наявність хронічних соматичних захворювань), особливості інтелектуального розвитку та когнітивних процесів, а також психоемоційні стани, включаючи депресивні та психоневрологічні розлади. Інклюзивне волонтерство в сучасних умовах виступає важливим напрямом соціального розвитку, що поєднує ідеї рівності, доступності та активної участі, забезпечуючи інтеграцію осіб з особливими освітніми потребами в суспільне життя та сприяючи підвищенню якості їх соціалізації.

Волонтерська діяльність виступає одним із ключових механізмів залучення громадян до процесів соціального розвитку та суспільної трансформації. Добровільна участь у соціально значущих ініціативах є важливою складовою стратегій, спрямованих на подолання актуальних суспільних викликів, зокрема у сферах зниження рівня бідності, забезпечення сталого розвитку, охорони здоров'я, попередження та реагування на надзвичайні ситуації, а також сприяння соціальній інтеграції. Особливого значення волонтерство набуває у контексті протидії соціальному відчуженню та дискримінації, що є критично важливим для осіб з особливими освітніми потребами.

Інклюзивне волонтерство, як сучасний напрям розвитку добровільної діяльності, ґрунтується на принципах гуманістичної парадигми та соціальної рівності (Колупаєва, & Таранченко 2016):

- визнання безумовної цінності кожної особистості незалежно від рівня її функціональних можливостей і досягнень;
- утвердження здатності кожної людини до емоційного переживання та мислення;
- забезпечення права на комунікацію, самовираження та бути почутим у соціальному середовищі.

Інклюзивне волонтерство в умовах інформаційного суспільства постає не лише як форма соціальної участі, а як ефективний інструмент розширення можливостей осіб з особливими освітніми потребами, їх самореалізації та інтеграції в суспільство.

Одним із ефективних механізмів розвитку інклюзії в Україні є активне залучення волонтерів до реалізації соціальних ініціатив, спрямованих на підтримку осіб з інвалідністю та інтеграцію соціально вразливих груп у суспільство. У сучасних умовах інформаційного суспільства волонтерська діяльність набуває нових форм і змісту, поєднуючи традиційні практики допомоги з використанням цифрових технологій та онлайн-комунікацій. Участь у діяльності благодійних фондів, громадських організацій та соціальних служб створює можливості для формування соціальної активності, громадянської відповідальності та розвитку ключових компетентностей як у волонтерів, так і в отримувачів допомоги.

На сьогодні в Україні функціонує значна кількість організацій та проєктів, діяльність яких спрямована на впровадження принципів інклюзії:

1. Громадська ініціатива «Доступно.УА» орієнтована на підвищення рівня фізичної доступності середовища. Важливим інструментом у межах цієї діяльності є «Мапа доступності», що створюється за участю волонтерів, які здійснюють моніторинг інфраструктури, оцінюють її відповідність потребам маломобільних груп населення та наповнюють відповідні цифрові ресурси актуальною інформацією.

2. Фонд «On 3 wheels» реалізує соціально орієнтовані проєкти, спрямовані на підтримку осіб з особливими потребами у досягненні особистісно значущих цілей, сприяючи розвитку їхньої мотивації та самореалізації.

3. Діяльність музею «Третя після опівночі» демонструє інноваційний підхід до формування інклюзивного простору через організацію інтерактивного досвіду взаємодії, що сприяє розвитку емпатії та подоланню соціальних бар'єрів.

4. Проєкт «Право на щастя» зосереджений на комплексному забезпеченні доступності – інформаційної, архітектурної та комунікативної, а також на формуванні інклюзивного освітнього середовища та протидії дискримінаційним практикам.

5. Ініціатива «Мій Телефонний Друг», яка спрямована на подолання соціальної ізоляції осіб похилого віку через організацію регулярної комунікації з волонтерами, що, у свою чергу, сприяє взаємодії та розвитку соціальної згуртованості між поколіннями.

Зазначені практики є переважно результатом діяльності недержавних ініціатив та громадського сектору, що свідчить про зростання ролі волонтерського руху в процесах соціальної інтеграції. У загальному вигляді волонтерські організації доцільно класифікувати на офіційні, які функціонують у межах державних або інституційно оформлених структур, та неофіційні, що виникають як результат самоорганізації громадян і реалізуються у форматі громадських ініціатив. Сучасні напрями розвитку волонтерської діяльності в умовах інформаційного суспільства характеризуються інтеграцією цифрових технологій, розширенням спектра інклюзивних практик та посиленням ролі громадянської участі у вирішенні соціально значущих проблем, що є особливо важливим для підтримки осіб з особливими освітніми потребами.

Важливим інструментом розвитку волонтерської діяльності в умовах інформаційного суспільства є цифрові платформи, які забезпечують доступ до широкого спектра соціальних ініціатив. Зокрема, Національна волонтерська платформа акумулює різноманітні напрями волонтерської активності, серед яких медицина, освіта і наука, розвиток міського середовища, перекладацька та журналістська діяльність, спорт, інтелектуальне та подієве волонтерство, онлайн-волонтерство, військова допомога, міжнародні програми, а також соціальна підтримка (Лункіна, & Сизоненко., 2021). Особливу увагу в контексті дослідження було зосереджено саме на напрямі соціальної допомоги як такому, що має значний потенціал для залучення осіб з особливими освітніми потребами до активної суспільної діяльності.

Аналіз змістового наповнення платформи засвідчив наявність широкого спектра соціальних проєктів, які можуть бути систематизовані за основними тематичними напрямками. З метою узагальнення та подальшого наукового осмислення ці проєкти доцільно класифікувати на кілька груп.

До першої групи належать інклюзивні програми, спрямовані на створення умов для соціалізації та розвитку осіб з інвалідністю. Вони включають організацію інклюзивних спортивних заходів (зокрема, футболу для дітей), діяльність денних центрів для молоді з інвалідністю, участь у проведенні спеціалізованих таборів, а також підтримку функціонування інклюзивних майстерень.

Другу групу становлять геронтологічні програми, орієнтовані на підтримку осіб похилого віку та подолання їхньої соціальної ізоляції. У межах цих ініціатив волонтери залучаються до доставки продуктових наборів, відвідування самотніх літніх людей, участі у проєктах соціальної підтримки та діяльності геріатричних установ і центрів допомоги бездомним.

Третю групу формують освітні програми, які передбачають участь волонтерів у координації соціально значущих проєктів, а також надання освітньої підтримки у форматі соціального репетиторства. Такі ініціативи сприяють розвитку когнітивних і комунікативних компетентностей учасників.

Окрему категорію становлять дистанційні (онлайн) програми, що набули особливої актуальності в умовах цифровізації суспільства. Вони передбачають можливість участі у соціальних проєктах у віддаленому форматі, зокрема у вигляді телефонного волонтерства або онлайн-комунікації з отримувачами допомоги, що розширює доступ до волонтерської діяльності для осіб з обмеженою мобільністю.

До п'ятої групи належать програми, спрямовані на підтримку осіб, які перебувають у складних життєвих обставинах. У межах цих ініціатив волонтери долучаються до організації благодійних заходів, проведення соціальних акцій, забезпечення харчуванням нужденних та реалізації інших форм соціальної допомоги.

У контексті цифровізації суспільства особливої актуальності набуває цифрове (онлайн) волонтерство, яке реалізується через використання інформаційно-комунікаційних технологій. Цей напрям забезпечує доступність волонтерської діяльності для осіб з обмеженою мобільністю, розширює можливості участі у соціальних проєктах, сприяє розвитку цифрової грамотності та інформаційної культури. Наступним важливим напрямом є освітнє волонтерство, що передбачає участь у навчально-просвітницьких ініціативах, взаємонавчання,

наставництві та організації освітніх заходів. Така діяльність сприяє не лише передачі знань, але й розвитку комунікативних, когнітивних та соціальних навичок. Практична модель розвитку волонтерської діяльності для осіб з особливими освітніми потребами відображає взаємозв'язок цільового, змістового, організаційно-технологічного та результативного компонентів і може бути використана як методологічна основа для впровадження інклюзивних волонтерських практик у діяльність освітніх і громадських інституцій.

Окрему групу становить громадянське та екологічне волонтерство, яке орієнтоване на участь у суспільно значущих ініціативах, формування екологічної свідомості та активної громадянської позиції. Для осіб з особливими освітніми потребами цей напрям є важливим засобом включення у громадське життя та усвідомлення власної соціальної значущості. Не менш важливим є розвиток дистанційних форм волонтерської діяльності, що забезпечують гнучкість участі, індивідуалізацію навантаження та можливість долучення до волонтерських ініціатив незалежно від фізичних обмежень або місця проживання.

Таким чином, функціонування цифрових волонтерських платформ сприяє розширенню можливостей участі різних категорій населення, зокрема осіб з особливими освітніми потребами, у соціально значущій діяльності. Це, у свою чергу, забезпечує формування інклюзивного середовища, розвиток громадянської активності та підвищення рівня соціальної інтеграції в умовах інформаційного суспільства.

**Висновок.** У результаті проведеного дослідження здійснено теоретичне обґрунтування та системний аналіз сучасних напрямів розвитку волонтерської діяльності, спрямованої на підтримку осіб з особливими освітніми потребами в умовах інформаційного суспільства. Встановлено, що волонтерська діяльність у сучасних умовах трансформується під впливом цифровізації, розширюючи свої функціональні можливості та набуваючи нових форм реалізації. Зокрема, зростає значення дистанційного (онлайн) волонтерства, що забезпечує доступність участі для осіб з обмеженими можливостями та сприяє подоланню просторових і соціальних бар'єрів. Обґрунтовано, що провідними напрямками розвитку волонтерської діяльності для осіб з особливими освітніми потребами є інклюзивне, соціальне, освітнє, цифрове, громадянське та проєктно-орієнтоване волонтерство. Їх комплексна реалізація забезпечує формування ключових компетентностей, зокрема соціальної, громадянської та цифрової, а також сприяє розвитку комунікативних навичок і підвищенню рівня самостійності.

Доведено, що ефективність волонтерської діяльності значною мірою залежить від організаційно-педагогічних умов її реалізації, серед яких визначальними є створення інклюзивного середовища, забезпечення цифрової доступності, використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, підготовка координаторів волонтерської діяльності та налагодження міжсекторальної взаємодії. Узагальнення сучасних практик дозволило визначити найбільш ефективні форми та методи організації волонтерської діяльності, серед яких провідне місце посідають проєктні технології, тренінгові форми роботи, наставництво, кейс-методи та інтерактивні підходи. Їх використання забезпечує активне залучення осіб з особливими освітніми потребами до суспільно значущої діяльності та сприяє їх соціальній інтеграції. Сучасні напрями розвитку волонтерської діяльності в умовах інформаційного суспільства характеризуються інтеграцією інклюзивних підходів, цифрових технологій та соціальної активності, що створює передумови для ефективної підтримки осіб з особливими освітніми потребами, їхньої повноцінної участі в суспільному житті та успішної соціальної адаптації.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у розробленні та експериментальній перевірці інноваційних моделей організації волонтерської діяльності, а також у вивченні впливу цифрових платформ на рівень залучення осіб з особливими освітніми потребами до волонтерських ініціатив.

## Література:

1. ГОЛУБ, В. Л. (2014). Ключові поняття та категорії державного управління у сфері волонтерської діяльності. *Вісник Національної академії державного управління при Президентові України*. 2014. № 1. С. 25-31.
2. ЖИТНИК, М. (2015). Благодійність у соціально-філософській ретроспективі та перспективі. *Вісник НТУУ "КПІ". Філософія. Психологія. Педагогіка*. 2015 Випуск 2. С. 43-49.
3. КОЛИШКІН, О. В. (2013). Корекційна освіта : вступ до спеціальності: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2013. 392 с.
4. КОЛУПАЄВА, А. А., & ТАРАНЧЕНКО, О. М. (2016). Інклюзивна освіта: від основ до практики: монографія. К.: ТОВ «АТОПОЛ», 2016. 152 с.
5. ЛУНКІНА, Т. І., & СИЗОНЕНКО, Ю. С. (2021). Соціалізація молоді з особливими освітніми потребами. *Modern Economics*. 2021. № 25 (2021). С. 98-104.
6. ПАСЛАВСЬКА, О. (2016). Становлення та розвиток волонтерського руху в Україні (історико-правове дослідження). *Актуальні проблеми правознавства*. 2016. Вип. 4. С. 22-28.
7. ПИЖУК, В. В. (2015). Волонтерство як вид громадської діяльності та його роль у формуванні громадянськості старшокласників. *Актуальні проблеми державного управління, педагогіки та психології*. 2015. Вип. 1. С. 60-63.
8. ПОРОШЕНКО, М. А. (2019). Інклюзивна освіта: навч. посіб. Київ: ТОВ «Агентство «Україна», 2019. 300 с.
9. *Про волонтерську діяльність*. (2011). Закон України від 19 квіт. 2011 р. № 3236-VI. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3236-17>.
10. РОМАНОВА, В. (2015). Волонтерство в Україні та за кордоном. *Україна і світ: гуманітарно-технічна еліта та соціальний прогрес: матеріали міжнар. наук.-теор. конф. студ. і аспір.* 2015. Ч. 3. С. 50-52.

## 1.6. METHODOLOGY OF USING AI IN THE STUDY OF UKRAINIAN LANGUAGE AND LITERATURE

### 1.6. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ШІ У ВИВЧЕННІ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ТА ЛІТЕРАТУРИ

Ми живемо в епоху стрімких змін, коли технології щодня розширюють наші можливості. Одна з найперспективніших новацій – штучний інтелект (ШІ). Для нас, учителів, це не лише виклик, а й чудова нагода змінити підхід до навчання, зробити його більш інтерактивним, ефективним та доступним.

У сучасних умовах одним із ключових векторів модернізації вітчизняної освіти є її цифрова трансформація, зокрема впровадження технологій штучного інтелекту. Це зумовлено як глобальними тенденціями розвитку освіти в цифрову епоху, так і специфічними викликами, що постали перед українською освітньою системою в умовах воєнного стану. У таких обставинах особливо важливо знаходити дієві підходи до індивідуалізації навчального процесу, враховуючи потреби й здібності кожного здобувача, а також здійснювати діагностику освітніх втрат і шукати шляхи їх подолання (Шевченко, 2016, с.7).

Інтелектуальні системи вивчення мов, які базуються на штучному інтелекті, – це машини, здатні імітувати людське мислення й здатність навчатися. У контексті мовно-літературної освіти ШІ використовується для створення систем, які розуміють, інтерпретують та реагують на природну мову, забезпечуючи персоналізоване навчання на основі аналізу даних про учнів, адаптуючи матеріали до їхніх потреб.

Такі системи можуть приймати форму чат-ботів, розпізнавання голосу або технологій обробки природної мови (NLP). Вони дозволяють створити більш природне й інтерактивне середовище навчання: учні можуть практикувати мовні навички в діалогах, отримувати миттєвий фідбек щодо граматики, словникового запасу, вимови та інтонації. Завдяки адаптивним алгоритмам навчання матеріали з мови й літератури підлаштовуються під індивідуальну успішність та темп учня, що покращує ефективність та мотивацію. У результаті навчання зі ШІ стає більш гнучким, інтерактивним і орієнтованим на особисті потреби здобувача та здобувачки освіти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Термін «штучний інтелект» уперше був запропонований Джоном Маккарті під час семінару в Дартмутському коледжі у 1956 році. Саме ця подія вважається офіційним початком становлення штучного інтелекту як окремої наукової галузі. По суті, штучний інтелект (ШІ) – це напрям комп'ютерних наук, що займається розробкою систем, здатних відтворювати розумову діяльність людини.

Головне завдання застосування штучного інтелекту полягає в покращенні взаємодії з користувачами. Такі системи здатні відтворювати людську поведінку, хоча й не можуть повністю її замінити. Завдяки ШІ можливо точніше оцінювати академічні результати здобувачів освіти, що сприяє глибшому розумінню їхніх потреб та забезпечує індивідуалізований підхід до навчання (Рамазанов, Шевченко, & Купцова, 2020, с. 14). Це, у свою чергу, робить дистанційне навчання більш доступним і якісним. Частина рутинної роботи передається здобувачу освіти, звільняючи час педагога для творчих і більш значущих складових освітнього процесу.

О. С. Хорошайло та С. С. Кочергін вважають, що вплив штучного інтелекту на сферу вищої освіти є багатограним і супроводжується як можливостями, так і викликами. Із розвитком освітньої системи особливого значення набуває ефективне використання ШІ та автоматизованих рішень, а також подолання труднощів, які вони можуть спричинити. Завдяки спільним зусиллям можливо сформувати таку модель вищої освіти в Україні, яка буде більш доступною, якісною й результативною для всіх здобувачів освіти. Технології штучного інтелекту не лише зменшать рутинне навантаження на викладачів, а й зможуть виконувати функції персоналізованих інтелектуальних наставників (Хорошайло, & Кочергіна, 2023, с. 126).

І. В. Козубай підтримує цю точку зору та наголошує, що інтелектуальні освітні технології здатні забезпечувати індивідуалізоване навчання й формувати адаптивні освітні траєкторії, що сприяє кращому засвоєнню знань здобувачами освіти. Водночас важливо зберегти баланс між впровадженням ШІ та традиційною роллю викладача в навчальному процесі. Педагоги залишаються незамінними в розвитку в учнів критичного мислення, креативності та соціальних умінь. Штучний інтелект має виступати як допоміжний інструмент для покращення навчання, не замінюючи, а доповнюючи живу міжособистісну взаємодію й урахування культурного контексту (Козубай, 2023, с. 213).

На думку В. В. Дроздової, К. В. Рудніцької та І. А. Росквас, активне впровадження штучного інтелекту суттєво змінює освітнє середовище, а педагогічні інновації в цьому контексті слугують засобом підвищення якості української освіти. Завдяки ШІ можливо відійти від уніфікованих методів навчання та реалізувати індивідуалізований підхід. Інтелектуальні системи та алгоритми здатні аналізувати рівень підготовки й потреби кожного здобувача освіти, формуючи персоналізовані навчальні матеріали й завдання. Це не тільки полегшує процес опанування знань, а й сприяє глибшому розумінню педагогами особистісних характеристик своїх учнів (Дроздова, Рудніцька, & Росквас, с. 12).

І. В. Леонтєва вважає, що учням доцільно залучати мовні моделі, такі як ChatGPT, у виконанні дослідницьких та письмових завдань. Ці інструменти ефективні для формування структурованих планів, резюме чи текстів – а також корисні при пошуку тематичної інформації й виявленні маловивчених аспектів теми. Крім того, ChatGPT допомагає розвивати в учнів критичне мислення й уміння вирішувати проблеми. Модель також може застосовуватись для індивідуального підходу в навчанні: оцінювання письмових робіт, надання персоналізованого фідбеку та рекомендацій щодо додаткових ресурсів (Леонтєва, 2023, с. 19).

Незважаючи на наявність як переваг, так і недоліків, активне впровадження штучного інтелекту в освітнє середовище є незворотнім і очевидним процесом. Штучний інтелект – це здатність технічних систем аналізувати отриману інформацію, формулювати висновки та приймати рішення на її основі. Визначальною рисою таких систем є їхня здатність до безперервного навчання, накопичення знань і виконання дій, подібних до тих, що здійснює людський розум.

Серед основних переваг ШІ можна виділити наступні:

*Персоналізація.* ШІ забезпечує персоналізований досвід навчання, який може бути адаптований до індивідуальних потреб здобувачів освіти. Це означає, що вони можуть навчатися у власному темпі, з матеріалами та вправами, які відповідають їхньому стилю та рівню навчання. Завдяки ШІ ми можемо враховувати потреби кожного учня. Використовуючи адаптивні платформи, що базуються на ШІ, можна легко визначити рівень знань здобувача та здобувачки освіти, їх інтереси та стиль навчання.

*Покращення залучення.* ШІ може підвищити залученість здобувачів освіти, надаючи їм інтерактивний досвід навчання, який є більш захопливим і цікавим, ніж традиційні матеріали. Це може допомогти учням залишатися вмотивованими та зацікавленими, що призведе до підвищення результативності навчання.

*Миттєвий зворотний зв'язок.* ШІ може надавати миттєвий зворотний зв'язок учням, що є важливим для вивчення як мови, так і літератури. Цей зворотний зв'язок може допомогти здобувачам освіти визначити сфери, в яких їм потрібно вдосконалюватися, і відповідно скоригувати своє навчання.

*Гнучке навчання.* ШІ уможлиблює гнучке навчання, а це означає, що учні можуть навчатися в будь-який час і в будь-якому місці. Це особливо корисно для здобувачів освіти, які мають щільний графік або повинні поєднувати навчальне навантаження з іншими.

Майбутнє штучного інтелекту у вивченні та методиці навчання мови і літератури напряму поєднується з інноваційними технологіями. ШІ має потенціал для революції у навчанні мови й літератури, надаючи персоналізований навчальний досвід, підвищуючи залученість учнів та покращуючи результати. Оскільки технології продовжують розвиватися,

ми можемо очікувати на появу більш досконалих систем штучного інтелекту, які зможуть забезпечити ще більш персоналізований та ефективний досвід навчання. Однак важливо пам'ятати, що ШІ не може замінити людську взаємодію у вивченні мови й літератури. Хоча ШІ може забезпечити персоналізований досвід навчання, він не може замінити соціальні та культурні аспекти вивчення мови, які є важливими для розвитку учнів.

Одним із найпоширеніших напрямів використання штучного інтелекту є освітні ігри, створені на його основі. Навчання у формі гри вже давно довело свою ефективність, тому такі технології активно застосовуються в школах.

Автоматизовані системи оцінювання та надання зворотного зв'язку, засновані на технологіях штучного інтелекту, відкривають можливість для впровадження диференційованого та індивідуального підходу до навчання. Завдяки аналізу результатів учня, ШІ здатен визначити його рівень підготовки та адаптувати складність завдань відповідно до його потреб. Це сприяє значному підвищенню ефективності освітнього процесу. Крім того, автоматизація оцінювання, планування й адміністративних завдань дозволяє педагогам зосередитися на більш продуктивній взаємодії зі здобувачами та здобувачками освіти.

Адаптивні навчальні платформи, розроблені провідними компаніями у сфері освітніх технологій, такими як Carnegie Learning і Knewton, надають можливість персоналізувати освітній процес у режимі реального часу. Завдяки постійному оцінюванню результатів система забезпечує миттєвий зворотний зв'язок і оперативно змінює навчальну стратегію відповідно до потреб користувача. Адаптивні методики можуть варіюватися – від простих систем з фіксованими правилами до складних алгоритмів машинного навчання. Завдяки штучному інтелекту стало можливим враховувати індивідуальні потреби кожного учня. Адаптивні платформи на основі ШІ дозволяють легко визначити рівень знань, зацікавлення та стиль навчання кожного здобувача особисто. Методикою передбачено, що під час вивчення літератури, зокрема, слід звертати увагу на власний темп учня та застосовувати відповідні додатки, що зможуть бути найефективнішими. Наприклад, додатки для читання підбирають завдання відповідно до індивідуального рівня учня, що дозволяє здобувачам із різною швидкістю навчання рухатися в одному темпі. Досить поширене використання, наприклад, Lingart – додатком для читання інтерактивних книг.

Lingart Живі Книги – це український додаток, що надає доступ до інтерактивних аудіокниг з підтримкою тексту. Він дозволяє учням одночасно слухати і читати книгу, що розвиває навички аудіювання та читання (Леонт'єва, 2023).

Чат-боти стали невід'ємною частиною сучасної освіти, забезпечуючи постійну підтримку учнів. Вони виконують чималу кількість функцій: надають консультації, допомагають з організаційними питаннями, поширюють інформацію, а також використовуються для проведення опитувань і онлайн-зустрічей. Завдяки цілодобовій доступності чат-боти допомагають учням у навчанні – відповідають на запитання, пояснюють складні теми та пропонують додаткові матеріали, що в результаті сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу (Hamilton, n.d.).

На уроках української мови і літератури штучний інтелект сприяє розвитку мовлення (формуванню правильної вимови, комунікативних навчок, збагаченню словникового запасу тощо). Завдяки спеціальним додаткам ШІ може автоматично перевіряти граматичні та орфографічні помилки в письмових роботах, допомагаючи учням самостійно їх виправляти та вчитися на власних помилках. Крім того, ШІ пропонує синоніми, нову лексику й навіть складає приклади речень, щоб учні могли ефективніше засвоювати нові слова.

Vchat – це український чат-бот, створений для розвитку навичок спілкування українською мовою. Він особливо підходить для молодших школярів, оскільки використовує просту мову, ставить запитання, розповідає історії та пропонує різноманітні мовні вправи. Спілкуючись із ботом, діти навчаються відповідати на запитання, формулювати думки й будувати зв'язні речення, що сприяє розвитку мовлення та комунікативних навчок (Рамазанов, Шевченко, & Купцова, 2020).

Mova – це мобільний застосунок для вивчення української мови, який пропонує інтерактивні уроки, ігри та вправи. Завдяки штучному інтелекту завдання автоматично підлаштовуються під рівень користувача. У додатку є різноманітні вправи на розвиток словникового запасу, граматики, орфографії та розуміння значень слів. Це чудовий інструмент для поглиблення знань з мови та закріплення основних мовних правил.

Штучний інтелект здатен взяти на себе виконання багатьох рутинних обов'язків учителів, зокрема автоматичну перевірку тестів, створення навчальних завдань і ведення документації.

Крім того, штучний інтелект має змогу значною мірою удосконалити процес оцінювання та надання рекомендацій учням, а також сприяє розвитку цифрової грамотності, критичного мислення, творчого підходу та вміння знаходити рішення поставленим завданням.

Інтегруючи штучний інтелект у навчання, важливо зберігати обережність і педагогічний контроль. Правильно застосований ШІ може стати цінним інструментом для всебічного розвитку здобувачів. Проте він не повинен замінювати живе спілкування з учителем, а має лише доповнювати його. Завдання вчителя – підтримати здобувачів освіти у використанні новітніх технологій, навчити їх критично мислити та свідомо ставитися до цифрових ресурсів.

**Висновки.** Завдяки інноваційним програмам та технологіям з використанням штучного інтелекту в навчальному процесі спостерігається значний прогрес у розвитку компетентного мовця і читача. Методика навчання української мови та літератури вдосконалилася значною мірою.

Розвиток штучного інтелекту став однією з ключових ознак цифрової трансформації сучасного суспільства, а його впровадження в освітній простір – важливою тенденцією ХХІ століття. У сфері вивчення мови і літератури це явище є як перспективним, так і викликає певні застереження. У процесі аналізу переваг і недоліків використання ШІ в мовно-літературній освіті можна зробити низку узагальнених висновків, що мають практичне й теоретичне значення.

Передусім, варто наголосити на потенціалі ШІ як ефективного інструменту персоналізації навчання. Сучасні платформи з використанням алгоритмів машинного навчання здатні аналізувати індивідуальний рівень знань учнів, їх темп засвоєння матеріалу, типові помилки та особисті мовні й літературні уподобання. Це дозволяє створювати максимально адаптовані навчальні траєкторії, що враховують інтелектуальні, психологічні та мовні особливості кожного індивідуально. Такий підхід сприяє глибшому засвоєнню української мови і літератури, активізує інтерес до навчання, формує почуття відповідальності за власний освітній процес.

Іншою важливою перевагою є інтерактивність і зворотний зв'язок, які забезпечують платформи та додатки з підтримкою ШІ. Здобувачі освіти мають змогу не лише виконувати вправи і завдання, але й миттєво отримувати пояснення, виправлення та поради щодо покращення результатів. Завдяки цьому відбувається постійна корекція знань, що сприяє формуванню грамотності та стійких мовно-літературних навичок. Особливо це важливо в умовах дистанційного чи змішаного навчання, коли безперервний контакт з учителем ускладнений (Леонтєва, 2023).

Значну роль відіграє також мультимедійна складова. ШІ інтегрується з технологіями віртуальної та доповненої реальності, голосовими асистентами, гейміфікованими середовищами. Такі рішення сприяють залученню учнів до активної взаємодії з мовним матеріалом, розширюють межі традиційного підходу до вивчення мови і літератури, роблячи процес живим, захопливим та різноманітним. Водночас, штучний інтелект здатен створювати адаптивні завдання відповідно до віку, рівня підготовки та тематики.

Не можна оминати й те, що ШІ дає змогу розширити спектр доступних мовних ресурсів. Цифрові словники, перекладачі, генератори текстів, граматичні аналізатори – усе це стало доступним практично кожному користувачеві за допомогою простих додатків. Це сприяє самостійному навчанню, підтримці мовної практики поза межами формальної освіти, збереженню інтересу до української мови в повсякденному житті.

Однак, попри численні переваги, використання штучного інтелекту в навчальному процесі потребує критичної оцінки та обережного підходу. Існує низка недоліків, які можуть мати негативні наслідки для мовно-літературної освіти особистості.

Насамперед, постає проблема зниження ролі вчителя як живого носія слова, наставника та мотиватора. Навіть найсучасніші алгоритми не здатні повною мірою замінити педагогічний такт, емоційний контакт, інтуїтивне розуміння контексту та креативний підхід до навчання. Ризик полягає в тому, що зменшення живого спілкування може призвести до знеособлення процесу освіти, втрати її гуманістичного виміру.

Окрім того, автоматизовані платформи часто акцентують увагу на правильності з формальної точки зору, ігноруючи глибину розуміння, художнє осмислення текстів, розвиток образного мислення. Це особливо важливо у вивченні української мови і літератури, які є не лише засобом комунікації, а й носієм національної культури, ментальності та духовних цінностей. Надмірна механізація навчання здатна зменшити естетичне сприйняття мови, знизити інтерес до літературного аналізу та творчого письма.

Ще одним важливим аспектом є загроза формування надмірної залежності від цифрових засобів. Постійне звернення до ШІ-сервісів у пошуках підказок, перекладів чи редагування текстів може знизити рівень самостійного мислення, аналітичних навичок, мовної інтуїції. Учні можуть звикнути до того, що програма «виправить усе за них», і перестануть докладати зусиль для глибокого опрацювання матеріалу з мови чи літератури.

Також існують проблеми етичного характеру: збереження конфіденційності даних автора, прозорість алгоритмів, відповідальність за помилки систем, упередження у мовному контенті. Усі ці питання потребують правового та педагогічного регулювання, а також розробки відповідних стандартів використання ШІ в освіті.

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що майбутнє навчання української мови і літератури безумовно пов'язане з інноваційними технологіями, проте ключовим залишається питання збалансованого підходу. ШІ має бути не заміною вчителя, а його помічником. Його можливості слід використовувати для посилення ефективності методики навчання мови і літератури, індивідуалізації навчання загалом, розширення ресурсної бази, але не на шкоду глибоким гуманітарним цінностям мовно-літературної освіти.

Успішне впровадження ШІ у методику навчання української мови і літератури можливе лише за умови підготовленості вчителів до роботи з цифровими інструментами, критичної оцінки якості програмного забезпечення, педагогічної доцільності використання технологій у конкретних навчальних ситуаціях. Важливо, щоб освітня політика передбачала розвиток цифрової грамотності не лише серед учнів, а й серед педагогів, адміністраторів, батьків.

Отже, штучний інтелект у навчанні української мови і літератури відкриває широкі горизонти, але разом із ними – і нові виклики. Його інтеграція в освітній процес має здійснюватися на засадах гуманізації, педагогічного здорового глузду та постійного вдосконалення. Лише тоді ШІ стане не загрозою, а потужним ресурсом для розвитку мовної особистості, компетентного читача, формування національної ідентичності та підтримки якісної мовно-літературної освіти в умовах цифрової епохи.

## Література:

1. ДРОЗДОВА, В. В., РУДНІЦЬКА, К. В., & РОСКВАС, І. А. (2023). Інноваційні технології викладання іноземних мов в умовах зростаючого впливу технологій штучного інтелекту на освітні процеси. *Академічні візії*. 2023. № 26. С. 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10257489>.
2. КОЗУБАЙ, І. В. (2023). Комплексний аналіз впливу штучного інтелекту на викладання та вивчення іноземних мов. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2023. № 1 (63). С. 210-214. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/63-1-32>.
3. КОСТІВ, О., & СКОЛОЗДРА-ШЕПІТКО, О. (2018). *Методика викладання української мови: Навчально-методичний посібник. Для студентів українського відділення*

- філологічного факультету / Оксана Костів, Олеся Сколоздра-Шепітко. Львів, 2018. 202 с.
4. ЛЕОНТЬЄВА, І. В. (2023). ChatGPT в освітньому процесі вищої школи: заборонити не можна використовувати. *Освіта та педагогічна наука*. 2023. № 1 (182). С. 13-23. DOI: [https://doi.org/10.12958/2227-2747-2023-1\(182\)-13-23](https://doi.org/10.12958/2227-2747-2023-1(182)-13-23).
  5. *Методика навчання української мови в середніх освітніх закладах*. (2004). Підруч. для студентів філолог. факул-ів ун-ів / М. І. Пентилюк, С. О. Караман, О. В. Караман та ін.; за ред. М. І. Пентилюк. Київ: Ленвіт, 2004. 400 с.
  6. РАМАЗАНОВ, С. К., ШЕВЧЕНКО, А. І., & КУПЦОВА, Є. О. (2020). Штучний інтелект і проблеми інтелектуалізації: стратегія розвитку, структура, методологія, принципи і проблеми. *Штучний інтелект*. 2020. № 4 (90). С. 14-23. <https://www.nuozu.edu.ua/n/m/7699-vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-sferi-okhorony-zdorovia#gsc.tab=0>.
  7. ХОРОШАЙЛО, О. С., & КОЧЕРГІНА, С. С. (2023). Використання штучного інтелекту для підвищення якості викладання іноземних мов у вищому закладі освіти. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. 2023. № 93. С. 123-127. DOI: <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2023.93.25>.
  8. ШЕВЧЕНКО, А. І. (2016). До питання щодо створення штучного інтелекту. *Штучний інтелект*. 2016. № 1. С. 7-15. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/117222>.
  9. BAKAI, Y., NANIVSKA, L., SEMENETS, O., HETMAN, Y., & PRYMA, V. (2023). The efficiency of language teaching through integration in future philologists' foreign language competence formation. *Amazonia Investiga*, 12 (61), 297-306. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.61.01.30>.
  10. DRACH, I., PETROYE, O., BORODIYENKO, O., REHEILO, I., BAZELIUK, O., BAZELIUK, N., & SLOBODIANIUK, O. (2023). The Use of Artificial Intelligence in Higher Education. *International Scientific Journal of Universities and Leadership*, (15), 66-82. <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2023-15-66-82>.
  11. HAMILTON, I. (n.d.). *Artificial intelligence in education: Teachers' opinions on AI in the classroom*. Forbes. <https://www.forbes.com/advisor/education/it-and-tech/artificial-intelligence-in-school/>.
  12. PRYMA, V., SHKORUBSKA, Y., SOSHKO, O., KHLYSTUN, I., & HERTSOVSKA, N. (2024). Linguistic means of identity construction in media texts (comparative analysis of political interviews). *Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade*, 17 (se2), 195-207. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse2.195-207>.

## **1.7. THE DIGITALIZATION OF EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE FORMATION OF AN INFORMATION SOCIETY: CHALLENGES AND PROSPECTS**

### **1.7. ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОСВІТИ У КОНТЕКСТІ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

У ХХІ столітті світове суспільство вступило в нову фазу свого розвитку, що визначається глибинною інтеграцією цифрових технологій у всі сфери життєдіяльності людини. Цей процес набув назви «цифровізація», яка нині сприймається не лише як загальносвітовий тренд, а і як фундаментальна трансформація соціальних інститутів, серед яких особливе місце займає освітня сфера. В умовах модернізації вищої освіти України цифровізація не є продовженням попереднього етапу інформатизації, а являє собою якісно новий рівень інтеграції технологій у соціогуманітарні, матеріальні та освітні практики. Зокрема, вона спрямована на забезпечення принципів безперервного навчання (lifelong learning) та його індивідуалізації через застосування інноваційних технологій навчання (advanced learning technologies), до яких належать аналіз великих даних (big data), використання інструментів віртуалізації, технологій віртуальної та доповненої реальності (VR, AR), хмарних сервісів, мобільних платформ та ін. (Гуревич, Коношевський, & Опушко, 2020).

Цифровізація вищої освіти є комплексною відповіддю на сучасні виклики, що виникають унаслідок стрімкого розвитку інформаційного суспільства. Однією з ключових особливостей сучасного етапу розвитку є швидке старіння інформації, що підвищує потребу в її постійному оновленні, систематизації та переосмисленні. Науковий аналіз свідчить про кілька взаємопов'язаних факторів, які формують цю динаміку.

По-перше, спостерігається значне зростання інформаційних потреб як окремих індивідів, так і соціальних груп, що перетворює інформацію на масовий продукт, необхідний не лише керівним елітам, а й широким верствам населення. Децентралізація процесів прийняття рішень підвищує роль локальної та індивідуальної оцінки даних, що збільшує потребу в доступі до релевантної інформації.

По-друге, інформація дедалі більше набуває економічного значення. У межах формування інформаційного ринку вона циркулює як товар, створює економічну вартість, генерує прибутки або збитки, стає об'єктом інвестицій та інноваційних проєктів, які безпосередньо впливають на соціальну поведінку.

По-третє, нерівномірне володіння соціально значущою інформацією призводить до трансформації соціальної структури. Інформаційна перевага певних осіб або груп може перетворюватися на економічну, соціальну або політичну домінанту, виступаючи потужним інструментом перерозподілу ресурсів і влади.

По-четверте, стрімкий розвиток цифрових технологій радикально збільшив швидкість отримання, передачі, зберігання та обробки інформації. Характерні властивості цифрових даних – легкість тиражування, збереження при використанні та можливість примноження під час обміну – у поєднанні з інформаційно-комунікаційними технологіями спричинили формування нової індустрії перетворення інформації (Ничкало, Лазаренко, & Гуревич, 2021).

У такому контексті освіта стає однією з найбільш динамічно трансформованих сфер. Цифровізація освітнього процесу змінює формат взаємодії учасників, підвищує ефективність і доступність навчання та створює нові можливості для педагогічних практик. Застосування цифрових рішень дозволяє автоматизувати рутинні процеси, трансформувати традиційні підходи до навчання та розширює межі освітнього середовища поза національними та географічними межами. Водночас це формує підвищені вимоги до кваліфікації педагогічного та управлінського персоналу, що має володіти сучасними цифровими компетентностями, демонструвати гнучкість, ініціативність та здатність до командної роботи в цифровому середовищі (Шпарик, 2021; Mazurek, 2019; Dexeus, 2019).

Цифровізація, стає технологічною основою цифрової трансформації освіти, яка охоплює не лише інструментальні зміни, а й глибоку переорієнтацію цілей, методів та організаційних

процесів. Вона формує основу для персоналізації освітнього досвіду здобувачів, інтеграції інноваційних технологій у навчальні процеси та створення умов для розвитку компетентностей, необхідних у сучасному цифровому суспільстві (Матвієнко, & Цивін, 2020; Саган, 2020).

Таким чином, цифровізація вищої освіти є не лише процесом впровадження технологій, а й складовою стратегічної модернізації освітньої системи, що спрямована на підвищення конкурентоспроможності, інноваційності та ефективності освітнього процесу. Вона відкриває нові можливості для безперервного, персоналізованого та мобільного навчання, а також формує підґрунтя для подальших етапів цифрової трансформації закладів освіти, забезпечує персоналізацію освітнього процесу, дозволяє адаптувати навчальні траєкторії під індивідуальні потреби здобувачів освіти та сприяє розвитку їхніх цифрових компетентностей (Духаніна, & Лесик, 2022). Наприклад, застосування платформ типу Google Workspace for Education або Microsoft 365 Education дозволяє організовувати спільну роботу над проектами, відстежувати прогрес студентів та формувати зворотний зв'язок у режимі реального часу.

Інтегрована парадигма цифрової трансформації поєднує операційну та освітню компоненти, формуючи єдину цифрову екосистему закладу освіти. Вона передбачає комплексне управління технологічними, педагогічними та соціальними ресурсами, що дозволяє досягти синергії між процесами навчання, досліджень і управління. Такий підхід забезпечує стійкість системи, підвищує її адаптивність до змін зовнішнього середовища та сприяє формуванню конкурентоспроможних фахівців, готових до професійної діяльності в умовах цифрового суспільства.

Особливу увагу у стратегічних підходах до цифровізації приділяють розвитку цифрової компетентності студентів та педагогів. Цифрові компетентності визначаються як здатність ефективно використовувати інформаційно-комунікаційні технології для навчання, досліджень, комунікації та професійної діяльності. Формування цих компетентностей здійснюється через поєднання формального навчання (лекції, семінари, практичні заняття з цифровими інструментами) та неформального (онлайн-курси, вебінари, самостійна робота зі спеціалізованими платформами).

Додатково, сучасна цифрова трансформація передбачає активну інтеграцію студентів у процеси створення та використання освітніх ресурсів. Вони стають не лише споживачами інформації, а і її творцями: розробляють навчальні матеріали, ведуть дослідницькі проекти з використанням цифрових технологій, взаємодіють у віртуальних командах. Це забезпечує розвиток критичного мислення, креативності та навичок самостійного навчання, що є необхідними у XXI столітті.

Невід'ємною частиною стратегічного підходу є також моніторинг і оцінка ефективності цифрових рішень. Включення аналітичних інструментів, систем зворотного зв'язку, статистики використання платформ дозволяє коригувати навчальні стратегії, оптимізувати процеси та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Це створює динамічну систему, здатну до самооновлення та безперервного розвитку.

Отже, цифрова трансформація вищої освіти є багаторівневим процесом, що поєднує технологічні, педагогічні та організаційні аспекти. Вона формує основу для підвищення якості освіти, забезпечення персоналізації навчання та розвитку ключових компетентностей студентів і педагогів. Системний підхід, що охоплює операційну, освітню та інтегровану парадигми, дозволяє створювати адаптивне та ефективне цифрове середовище закладів освіти, готове до викликів сучасного інформаційного суспільства, забезпечує персоналізацію освітнього процесу, дозволяє адаптувати навчальні траєкторії під індивідуальні потреби здобувачів освіти та сприяє розвитку їхніх цифрових компетентностей.

Інтегрована парадигма цифрової трансформації поєднує операційну та освітню компоненти, формуючи єдину цифрову екосистему закладу освіти. Вона передбачає комплексне управління технологічними, педагогічними та соціальними ресурсами, що дозволяє досягти синергії між процесами навчання, досліджень і управління. Такий підхід

забезпечує стійкість системи, підвищує її адаптивність до змін зовнішнього середовища та сприяє формуванню конкурентоспроможних фахівців, готових до професійної діяльності в умовах цифрового суспільства.

Особливу увагу у стратегічних підходах до цифровізації приділяють розвитку цифрової компетентності студентів та педагогів. Цифрові компетентності визначаються як здатність ефективно використовувати інформаційно-комунікаційні технології для навчання, досліджень, комунікації та професійної діяльності. Формування цих компетентностей здійснюється через поєднання формального навчання (лекції, семінари, практичні заняття з цифровими інструментами) та неформального (онлайн-курси, вебінари, самостійна робота зі спеціалізованими платформами).

Додатково, сучасна цифрова трансформація передбачає активну інтеграцію студентів у процеси створення та використання освітніх ресурсів. Вони стають не лише споживачами інформації, а і її творцями: розробляють навчальні матеріали, ведуть дослідницькі проекти з використанням цифрових технологій, взаємодіють у віртуальних командах. Це забезпечує розвиток критичного мислення, креативності та навичок самостійного навчання, що є необхідними у XXI столітті.

Невід'ємною частиною стратегічного підходу є також моніторинг і оцінка ефективності цифрових рішень. Включення аналітичних інструментів, систем зворотного зв'язку, статистики використання платформ дозволяє коригувати навчальні стратегії, оптимізувати процеси та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Це створює динамічну систему, здатну до самооновлення та безперервного розвитку.

Отже, цифрова трансформація вищої освіти є багаторівневим процесом, що поєднує технологічні, педагогічні та організаційні аспекти. Вона формує основу для підвищення якості освіти, забезпечення персоналізації навчання та розвитку ключових компетентностей студентів і педагогів. Системний підхід, що охоплює операційну, освітню та інтегровану парадигми, дозволяє створювати адаптивне та ефективне цифрове середовище закладів освіти, готове до викликів сучасного інформаційного суспільства.

Впровадження цифрових технологій у закладах вищої освіти потребує системного та стратегічного підходу, що враховує організаційні, педагогічні та технологічні аспекти. Основна мета цифровізації полягає не лише у модернізації інфраструктури, а й у трансформації навчального процесу та розвитку компетентностей студентів. Ефективна стратегія впровадження цифрових рішень передбачає послідовне поетапне планування, інтеграцію інновацій у навчальний процес та забезпечення готовності всіх учасників освітнього середовища до змін.

З огляду на стрімкий розвиток цифрових технологій та зростаючі вимоги до цифрової компетентності учасників освітнього процесу, важливим завданням наукового аналізу є осмислення цифровізації як динамічного процесу з чітко вираженою історичною логікою. У цьому контексті значущим є підхід до періодизації цифровізації, запропонований Є. Черновол, А. Чепелюком та Ф. Куртяком (2023), які розглядають цифровізацію освіти як послідовну зміну етапів, що відображають якісні зрушення у цілях, змісті та технологічному забезпеченні освітнього процесу (Черновол, Чепелюк, & Куртяк, 2023). Така періодизація дозволяє простежити еволюцію від фрагментарного впровадження цифрових засобів до системної цифрової трансформації, що охоплює всі рівні освітньої діяльності.

На I етапі – первинної цифровізації – відбувається початкове впровадження цифрових технологій з метою переходу від паперового до електронного документообігу та використання цифрових баз даних. Основна увага зосереджена на створенні й обробці електронної інформації, запровадженні інформаційних систем, освітніх вебпорталів і мобільних застосунків. Учасники освітнього процесу лише набувають базових ІКТ-компетентностей, а цифровізація ще має обмежене охоплення та вплив.

II етап – цифрової оптимізації – характеризується автоматизацією рутинних адміністративних процедур: збору даних, сповіщень, документообігу з використанням електронного цифрового підпису, запуском систем дистанційного навчання.

Запроваджуються наскрізні цифрові процеси у форматах B2B та B2C, розвиваються персоналізовані сервіси (особисті кабінети). Освітняни та студенти переходять до професійного використання цифрових платформ, підвищується ефективність управління навчальними процесами.

На III етапі – цифрового адміністрування – формується єдина система обробки та аналітики освітніх даних, забезпечується інтеграція управлінських процесів. Запроваджуються показники ефективності (KPI) та їх регулярний моніторинг, що дозволяє оптимізувати прийняття управлінських рішень. Посилюється ергономічність і мобільність цифрових рішень, розвиваються практики цифрового співробітництва та управління знаннями, що засвідчує перехід від інструментального до системного цифрового мислення.

Фінальний етап – цифрового перетворення – передбачає глибоку трансформацію освітнього середовища через використання великих даних, штучного інтелекту, нейромереж та експертних систем. Освітні платформи стають інтелектуально інтегрованими, з'являються інтерфейси нового покоління, які забезпечують індивідуалізацію освітніх траєкторій та керування цифровими профілями учасників освітнього процесу. Цей етап знаменує собою перехід до нової якості управління освітою, де цифрові сервіси виконують не лише технічну, а й аналітико-прогностичну функцію.

Проведений теоретичний аналіз науково-педагогічних джерел дав змогу виокремити ключові характеристики сучасного етапу цифровізації освіти, які потребують комплексної та взаємопов'язаної реалізації в організації освітнього процесу закладів вищої освіти, а саме:

- функціонування єдиного інформаційного простору або цифрової освітньої системи, здатних виконувати завдання, визначені людиною, водночас діючи автономно, без її безпосередньої участі;
- управління навчальною діяльністю та адаптація освітнього контенту на основі аналізу великих обсягів даних щодо динаміки та перебігу вивчення студентами окремих модулів, дисциплін і навчальної програми загалом, із застосуванням аналітичних і прогностичних інструментів, зокрема цифрового двійника студента, що забезпечує побудову індивідуальної освітньої траєкторії та оптимальний добір навчальних матеріалів;
- інтеграція перспективних інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту, блокчейну, технологій віртуальної та доповненої реальності, хмарних рішень тощо;
- активна взаємодія учасників освітнього процесу з метою формування цифрових компетентностей через використання сучасних цифрових інструментів і сервісів;
- безпосередній доступ до цифрових електронних ресурсів, інформаційних систем, баз і сховищ даних для забезпечення оперативного отримання та обробки інформації;
- реалізація персоналізовано-результативного навчання, що передбачає досягнення освітніх результатів, сформованих на основі індивідуальних потреб і запитів студентів (Савіцька, 2022).

Серед сучасних практик впровадження цифрових стратегій особливо ефективними є гнучкі моделі навчання, коли студенти можуть поєднувати офлайн та онлайн заняття, вибирати індивідуальні навчальні траєкторії та користуватися цифровими інструментами для самостійного розвитку компетентностей. Такий підхід сприяє розвитку саморегуляції, критичного мислення та цифрової грамотності, що є ключовими для професійної підготовки у сучасному інформаційному суспільстві.

Таким чином, стратегічне впровадження цифрових технологій у закладах вищої освіти передбачає комплексний підхід, який включає аналіз потреб, інтеграцію технологічних рішень, адаптацію програм, підготовку персоналу, моніторинг результатів та масштабування. Послідовна реалізація цих етапів дозволяє створити ефективне, інтерактивне та адаптивне навчальне середовище, яке відповідає вимогам сучасної освіти та сприяє формуванню компетентних фахівців.

Цифровізація освіти створює нові можливості для розвитку закладів вищої освіти та підвищення якості освітніх послуг, водночас вона породжує низку викликів, що потребують системного підходу та стратегічного вирішення. Переваги цифровізації охоплюють

педагогічний, організаційний та соціальний аспекти освітньої діяльності, водночас виклики пов'язані із технологічними обмеженнями, недостатньою компетентністю персоналу та питаннями безпеки даних.

Переваги цифровізації включають:

1. *Підвищення доступності освіти.* Використання онлайн-платформ, хмарних технологій та інтерактивних навчальних ресурсів дозволяє студентам здобувати освіту незалежно від місця проживання, фізичних обмежень або графіка навчання. Наприклад, системи дистанційного навчання та гібридні курси забезпечують рівні умови для студентів із різними потребами та можливостями, що є особливо актуальним для соціально вразливих груп (Золотарьова, & Мережко, 2022).

2. *Персоналізація навчання.* Цифрові технології дозволяють впроваджувати адаптивні навчальні системи, які враховують індивідуальні потреби та рівень компетентності студентів. Learning Analytics і системи автоматичного оцінювання надають викладачам дані про успішність, що дозволяє коригувати навчальний процес у реальному часі. Це сприяє розвитку самостійності студентів та підвищенню ефективності засвоєння матеріалу (Карплюк, 2019).

3. *Інтерактивність та залученість студентів.* Використання мультимедійних матеріалів, віртуальних лабораторій, симуляцій та VR/AR технологій дозволяє створювати активні форми навчання, що сприяють розвитку критичного мислення, проблемного вирішення та креативності. Такі інструменти стимулюють студентів до активної участі у навчальному процесі та підвищують мотивацію (Денежніков, 2024).

4. *Оптимізація управлінських процесів.* Цифровізація адміністративних процесів – від електронного документообігу до автоматизації оцінювання та моніторингу академічної успішності – знижує навантаження на персонал і дозволяє концентрувати ресурси на освітній та науковій діяльності. Автоматизація сприяє підвищенню точності обліку та швидкості обробки даних, що поліпшує ефективність управління закладом (Коваленко, Мар'єнко, & Сухіх, 2022).

5. *Розширення можливостей для наукової діяльності та співпраці.* Хмарні платформи, системи керування дослідженнями та інтегровані комунікаційні інструменти дозволяють студентам та викладачам ефективно взаємодіяти, обмінюватися даними та результатами наукових проєктів у режимі реального часу. Це створює умови для формування наукових спільнот, колаборативних проєктів та інноваційних досліджень (Мосюрчак, 2024).

Водночас цифровізація пов'язана з низкою викликів, які потребують уваги:

- технологічні обмеження: недостатня інфраструктура, слабка пропускна здатність мережі та низька якість обладнання можуть знижувати ефективність використання цифрових інструментів. Ці проблеми особливо актуальні для закладів, що розташовані у віддалених або сільських регіонах, де доступ до високошвидкісного інтернету обмежений;

- цифрова компетентність персоналу та студентів: недостатній рівень цифрових навичок викладачів та студентів може стати перешкодою для ефективного використання технологій. Необхідне системне навчання та підтримка, включно з тренінгами, менторськими програмами та онлайн-курсами з цифрової грамотності (Коваленко, Мар'єнко, & Сухіх, 2022);

- питання безпеки та конфіденційності даних: використання хмарних сервісів, LMS та аналітичних систем потребує забезпечення безпеки персональних даних та захисту інформації від кіберзагроз. Недотримання стандартів безпеки може призвести до витоку даних, порушення законодавства та втрати довіри з боку студентів і викладачів;

- мотиваційні та психологічні аспекти: дистанційне та гібридне навчання вимагає високої самодисципліни студентів та адаптації до нових форм комунікації. Відсутність прямого контакту може знижувати мотивацію та рівень соціальної взаємодії, що потребує впровадження додаткових педагогічних методик підтримки (Карплюк, 2019).

Таким чином, цифровізація освіти є одночасно інструментом підвищення якості та доступності навчання і викликом, який потребує комплексного підходу. Для максимізації переваг і мінімізації ризиків заклади вищої освіти повинні інтегрувати технології у навчальний процес системно, забезпечувати підготовку персоналу, дотримуватися стандартів безпеки та

стимулювати активну участь студентів у цифровому середовищі. Раціональне поєднання технологій, педагогіки та організаційних практик формує умови для розвитку ефективного та адаптивного освітнього середовища, яке відповідає потребам сучасного суспільства та інформаційної економіки.

Цифровізація освіти є ключовим фактором модернізації освітніх систем і формування конкурентоспроможних компетентностей студентів. Аналіз сучасних практик показує, що інтеграція цифрових технологій в освітній процес забезпечує не лише підвищення ефективності та доступності освіти, а й створює умови для розвитку інноваційних педагогічних моделей та підвищення управлінської ефективності закладів вищої освіти. Однак наявні виклики створюють ризики неефективного використання технологій. Крім того, відсутність безпосередньої соціальної взаємодії у дистанційних форматах може впливати на мотивацію та психоемоційний стан студентів.

Для успішного впровадження цифровізації, на нашу думку, необхідна системна стратегія, що враховує як технологічні, так і організаційні, педагогічні та соціальні аспекти.

1. *Розробка комплексної стратегії цифровізації.* Стратегія повинна охоплювати розвиток інфраструктури, впровадження сучасних навчальних платформ, підготовку персоналу та створення політик безпеки даних. Такий підхід дозволяє закладу вищої освіти системно інтегрувати цифрові технології у всі аспекти діяльності.

2. *Підвищення цифрових компетентностей викладачів і студентів.* Регулярні тренінги, онлайн-курси та менторські програми забезпечують належну підготовку до роботи з сучасними технологіями та інтегрованими освітніми платформами.

3. *Інтеграція адаптивних та персоналізованих навчальних систем.* Використання аналітики даних та систем автоматичного оцінювання дозволяє ефективно відстежувати прогрес студентів і коригувати навчальний процес відповідно до індивідуальних потреб.

4. *Підвищення рівня інформаційної безпеки.* Впровадження політик захисту даних, регулярний аудит безпеки та навчання користувачів щодо кіберризиків забезпечує надійний захист персональної інформації та довіру до цифрових платформ.

5. *Збалансоване поєднання онлайн та офлайн навчання.* Гібридні моделі, що поєднують дистанційні технології з традиційними контактними заняттями, забезпечують соціальну взаємодію, підтримку студентів та ефективне засвоєння знань.

6. *Моніторинг та оцінка ефективності цифровізації.* Регулярне дослідження ефективності впроваджених технологій дозволяє вчасно коригувати стратегії, підвищувати якість освітніх послуг та відповідати сучасним потребам студентів і суспільства.

Таким чином, цифровізація освіти виступає як інструмент модернізації освітньої системи, який підвищує ефективність навчального процесу, розширює доступність освіти та стимулює розвиток компетентностей студентів. Успішна інтеграція технологій потребує стратегічного планування, підвищення цифрової компетентності персоналу, дотримання стандартів безпеки та поєднання інноваційних педагогічних підходів із сучасними цифровими ресурсами. Раціональне поєднання технологій, педагогіки та організаційної практики забезпечує формування адаптивного, інклюзивного та ефективного освітнього середовища, що відповідає потребам ХХІ століття та інформаційної економіки.

## Література:

1. ГУРЕВИЧ, Р., КОНОШЕВСЬКИЙ, Л., & ОПУШКО, Н. (2020). Цифровізація освіти сучасного суспільства: проблеми, досвід, перспективи. *Освітологічний дискурс*, (3-4), 21-46.
2. ДЕНСЖНИКОВ, С. (2024). Цифровізація як тренд сучасної освіти: pro et contra. *Цифровізація вищої освіти та цифрова грамотність* (с. 76-80). Liha-Pres.
3. ДУХАНИНА, Н., & ЛЕСИК, Г. (2022). Цифровізація освітнього процесу: проблеми та перспективи. *Modern Directions of Scientific Research Development* (с. 406-410). BoScience Publisher.

4. ЗОЛОТАРЬОВА, О., & МЕРЕЖКО, Н. (2022). Digitalization of education: european format. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*, (4), 91-100.
5. КАРПЛЮК, С. (2019) Особливості цифровізації освітнього процесу у вищій школі. *Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку* (с. 188-197). Київ: НАПН України.
6. КОВАЛЕНКО, В., МАР'ЄНКО, М., & СУХІХ, А. (2021). Використання цифрових технологій у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти: метод. рекомендації (М. Мар'єнко & А. Сухіх, Ред.). ІТЗН НАПН України.
7. МАТВІЄНКО, О., & ЦИВІН, М. (2020). Цифровізація: освітній контекст. *Вісник Книжкової палати*, (11), 28-35.
8. МОСЮРЧАК, В. (2024). Цифровізація освітнього процесу у закладах вищої освіти. Концептуальні проблеми розвитку сучасної гуманітарної та прикладної науки (с. 149-152). *Заклад вищої освіти "Університет Короля Данила"*.
9. НИЧКАЛО, Н., ЛАЗАРЕНКО, Н., & ГУРЕВИЧ, Р. (2021). Інформатизація та цифровізація суспільства в ХХІ столітті: нові виклики для закладів вищої освіти. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, (60), 17-29.
10. САВІЦЬКА, В. (2022). Цифровізація сучасної вищої освіти - імператив її ефективної модернізації. *Інновації в освіті: реалії та перспективи розвитку* (с. 22-26). *Західноукраїнський національний університет*.
11. САГАН, О. (2020). Цифрова дидактика: реалії та перспективи. *Актуальні проблеми фахової підготовки сучасного педагога* (с. 435-440). Херсон: ХДУ.
12. ЧЕРНОВОЛ, Є., ЧЕПЕЛЮК, А., & КУРТЯК, Ф. (2023). Щодо цифровізації освітнього процесу у закладах вищої освіти України: нові можливості та перспективи. *Академічні візії*, (15), 144-153.
13. ШПАРИК, О. (2021). Концептуальні засади цифрової трансформації освіти: європейський та американський дискурс. *Український педагогічний журнал*, (4), 65-76.
14. DEXEUS, C. (2019). *The Deepening Effects of the Digital Revolution. The Future of Tourism: Innovation and Sustainability* (pp. 43–69). Cham: Springer International Publishing.
15. MAZUREK, G. (2019). Transformacja cyfrowa–perspektywa instytucji szkolnictwa wyższego. In J. Woźnicki (Ed.), *Transformacja Akademickiego Szkolnictwa Wyższego w Polsce w okresie 1989-2019* (pp. 313-332).

## 1.8. THE ROLE OF RESILIENCE IN THE LEARNING OF MEDICAL STUDENTS

### 1.8. РОЛЬ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ПРИ НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ-МЕДИКІВ

Освітній процес на теперішній час потребує складної, багатогранної роботи, у якій надзвичайно велике значення мають інформаційні технології, бо впровадження інформаційних технологій у освітній процес це важлива складова конкурентоспроможності вузів на ринку освітніх послуг. Інформаційні технології розвиваються дуже динамічно і вимагають активного впровадження нових технологій в освітній процес. Сучасний освітній процес у медичних ВНЗ характеризується високою складністю через необхідність поєднання класичної фундаментальної підготовки з інноваційними технологіями, орієнтацією на доказову медицину та дистанційні методи навчання. Основні виклики включають впровадження практико-орієнтованого навчання, модернізацію навчальних програм відповідно до світових стандартів та адаптацію до змішаних форм навчання.

Основні складнощі включають перехід від теоретичного викладання до відпрацювання практичних навичок, що вимагає сучасного обладнання, симуляційних технологій, використання віртуальних симуляцій, онлайн-платформ та комп'ютерних технологій для вивчення клінічних дисциплін. Це підвищує вимоги до студентів з високим рівнем самоорганізації, технічної грамотності та певного психологічного навантаження.

Погіршення психологічного стану внаслідок війни в Україні стало масштабним явищем. За даними ВООЗ, ця ситуація суттєво вплинула на емоційний стан мільйонів людей і психологічні розлади складають 17% населення. У 68% пацієнтів з тривожними розладами співпадають з фізичним станом людини. Також наявність соматичних хвороб може провокувати тривожні стани, що пов'язані з переживанням щодо власного здоров'я.

На сучасному етапі у багатьох людей спостерігається психологічне виснаження, як відчуття великої розумової втоми, яке може виникнути після надмірного «спілкування з людьми», психологічного перевантаження та призводить до втоми, головного болю, болю у тілі, депресивний настрій. Понад 50% людей відчувають виснаженість, а близько 40% – страх за своє майбутнє. Більшість людей відзначають погіршення здоров'я порівняно із довоєнним часом, а кожен третій дорослий через півтора року після початку війни потребує психологічної допомоги.

Виявлено зростання тривожних розладів серед дітей та підлітків: у 2024 р. приблизно кожна п'ята дитина віком 6-17 років мала симптоми тривоги. Серед осіб віком більше 65 років тривожні стани фіксуються у 15% випадків. Найбільші зміни виявлені у внутрішньо переміщених осіб та ветеранів війни. У цих людей часто розвиваються тривожні розлади, депресія як реакція на хронічний стрес, втрату близьких і вимушену зміну місця проживання. У цих осіб тривало спостерігається порушення сну, повторюються спогади, зберігається тривога та емоційне виснаження, що потребує надання довготривалої психологічної підтримки.

Механізми подолання психологічної травми є індивідуальним. На додаток до адаптивних реакцій нерідко формуються неадаптивні, такі як зловживання спиртними напоями, агресивна поведінка, азартні ігри. Висока поширеність психологічних розладів у період війни та після її завершення підтверджує необхідність раннього скринінгу та виявлення вразливих груп,

Патологічна тривога є одним із найпоширеніших психічних розладів, що не лише порушує життєдіяльність, а й ускладнює перебіг соматичних і неврологічних хвороб (Jain et al., 2022). Це складний психоемоційний стан, який формується під впливом порушень когнітивної регуляції, надмірних очікувань та гіперсенсibiliзації до небезпеки. Під час війни триває хронічний стрес та виснаження, що призводить до втоми, депресивних станів, емоційної нестабільності. Для збереження ментального здоров'я рекомендується звертатися до фахівців і позитивним є зростання звернень до психологів з 7% у 2022 році до 17% у 2024 році.

Психічне здоров'я в умовах війни та надзвичайних ситуацій набуває критичного значення. Майже кожна людина, що постраждала від збройного конфлікту, переживає психологічний стрес, який у більшості випадків поступово зменшується, але рідко зникає повністю. Особливо вразливими залишаються люди із вже наявними психологічними порушеннями, які потребують безперервного доступу до психологічної допомоги.

Психічне виснаження часто створює замкнене коло симптомів, коли людина не може одужати. Як правило, пацієнти вказують на втрату інтересу до життя, відчуття тривоги перед майбутнім, млявість, перепади настрою, дратівливість, напади гніву, постійне занепокоєння, складнощі з концентрацією, відчуття психологічного перевантаження, стресу. Головний біль, біль у тілі, напруження м'язів, часті застудні хвороби, поганий сон, неухважність, відключення від реальності, фізичні навантаження здаються важчими, ніж зазвичай, зміни апетиту та ваги, підвищений артеріальний тиск, серцебиття, неможливість всидіти на одному місці, уникнення людей, з якими раніше було приємно спілкуватися, вживання алкоголю, забудькуватість, вибухи негативних емоцій, агресія.

Наслідками можуть бути відсутність послідовності в діях, крайня втома, зниження ефективності на роботі, помилки в простих речах, які раніше давалися легко, неможливість засвоювати складну інформацію, проблеми у стосунках, емоційного болю, хронічного нервового напруження, стресу, недостатнього самоогляду.

У працівників охорони здоров'я постійні вимоги турботливого відношення до пацієнтів або соціальної роботи можуть підсилювати відчуття розумової втоми і призводити до емоційного вигорання. Недавнє дослідження емоційного виснаження, проведене серед працюючих матерів, підтвердило підвищений рівень виснаження серед жінок, які намагаються поєднати вимогливу роботу з вихованням дітей. Це явище широко відоме як «перевантаження ролей», коли людина змушена справлятися з багатьма стресовими обов'язками без достатнього відпочинку або підтримки, що й призводить до хронічного виснаження.

Для зменшення розумової втоми необхідно починати день з мотиваційних занять, змінювати вид діяльності, зменшувати час роботи, бути організованішим, уникати денного сну, часто бути на природі, слухати класичну музику, їсти здорову їжу, пити більше води, знаходити нові цікаві заняття, обмежити час на соціальні мережі.

Надзвичайно важливо, що відчуття «спустошення» не зникає навіть після відпочинку, коли відомі способи розслаблення (любиме заняття, фільм, книга, сон) не призводять до нормалізації стану. Така ситуація може призводити до погіршення комунікації, зниження продуктивності на роботі та стану здоров'я, в тому числі, зниження функцій імунної системи.

Отже, для медичних працівників стресостійкість, як здатність ефективно переносити стрес є основною частиною характеристики майбутніх медичних працівників. Це дає можливість швидко адаптуватись, достойно переносити стресові ситуації і виконувати професійні завдання на високому рівні. Високий професійний рівень медичного працівника потребує і високого рівня комунікації, яка дозволяє підтримувати контакти і зв'язки між людьми, що дає можливість обмінюватись інформацією.

Стресостійкість є особистою рисою характеру, яка реалізується через дружні стосунки, складання планів на майбутнє, можливість справлятися зі складними емоціями (Ho et al., 2024).

Сила впливу комунікації залежить від інтонації, тембру голосу, використання певних слів у розмові та її доцільності, вміння донести до пацієнта свою думку. Ефективна комунікація включає здатність ефективно отримувати інформацію, її аналізувати та якісно доносити співрозмовнику, отримувати додаткову інформацію про психологічний стан людини та попереджувати його реакції, керувати своєю поведінкою в спілкуванні (Myroniuk, & Pohoriliak, 2023).

Негативно впливають на психологічний стан студентів-медиків воєнні дії на території нашої країни, адаптація до медичного середовища, неготовність до людських страждань та індивідуальні особливості, тому при навчанні студентів необхідно готувати не лише професійних, але і стресостійких фахівців.

Викладачі мають навчати студентів міжособистісній комунікації та розвитку стійкості для недопущення психологічного дистресу з погіршенням навчання, втрати емпатії і можливої відмови від медичної практики (Halimi et al., 2025).

Важливою рисою майбутнього медичного працівника є резильєнтність, як вміння впоратися зі складними життєвими ситуаціями та вмінням швидко відновлюватися після стресу. Ця характеристика може бути як вродженою, так і набутою рисою, або комбінацією обох. Наслідування та генетичні особливості можуть впливати на здатність бути резильєнтними, але середовище, досвід та навчання також мають важливий вплив на її розвиток.

Вроджена резильєнтність може бути спадковою та проявлятися ще у ранньому дитинстві. Деякі люди мають природну здатність переживати стрес та труднощі з меншими негативними емоціями, легше адаптуватися до змін, швидше відновлюватися після травматичних подій або легше переживати стан невизначеності.

Основними рисами високої резильєнтності є високий рівень адаптивності. Такі люди швидко адаптуються до змінних умов навколишнього середовища і спокійно реагують на нові ситуації. Для таких осіб характерний оптимізм і вони вірять в майбутнє, довіряють у свої сили і вірять у можливість позитивних результатів, відчувають вдячність за те, що мають, вміють пробачати, що допомагає їм відновитися. Такі люди знають, коли звернутися за допомогою, і мають підтримку оточуючих, що допомагає їм зберігати психологічну стійкість (Шульгай, Мочульська, & Шульгай, 2026).

Особиста резильєнтність – це здатність людини стати сильнішою, адаптуватися та пережити негативні життєві обставини, такі як втрата роботи, сімейні конфлікти, фінансові труднощі, фізичні або емоційні травми. Цей тип резильєнтності залежить від індивідуальних рис, таких як: оптимізм, здатність до пробачення, позитивне мислення та сильна внутрішня воля.

Резильєнтність не означає байдужість чи відсутність емоційної реакції на стрес, вона актуалізується в умовах надзвичайних ситуацій (втрата житла, роботи чи близької людини в умовах війни, виникнення тяжкого захворювання, екологічна чи техногенна катастрофа, репутаційні ризики) та відображає здатність ефективно впоратися з ним, зберігаючи задовільний стан психічного здоров'я.

Детермінанти резильєнтності включають біологічні, психологічні, соціальні чинники, які зумовлюють певні реакції особи на стресовий досвід (Perry, 2023; PonceGarcia, & Madewell, 2024).

Професійна діяльність медичних працівників тісно пов'язана з процесом комунікації та проблемами, які можуть при цьому виникати. Оскільки кожен пацієнт має свої індивідуальні особливості психіки, то під час формування медичної взаємодії необхідно враховувати психологічні аспекти для забезпечення позитивного лікувального результату.

Завдяки достатнім знанням, умінням і навичкам професійної комунікації медичний працівник досягає значного рівня комунікативної компетентності як однієї з найважливіших ознак професіоналізму. Комунікативна компетентність є здатністю встановлювати і підтримувати необхідні контакти з людьми з метою досягнення усвідомлення ситуації та взаєморозуміння в спілкуванні. Відсутність такої компетентності у спілкуванні негативно впливає на діагностичний і лікувальний процеси (Бількевич, Галіяш, & Петренко, 2019).

Відомо, що медичні працівники тривалий час перебувають у безпосередньому контакті з пацієнтами, можуть впливати на стан пацієнта, тому медичний працівник повинен сприяти створенню позитивного клімату і завданням кожного медичного працівника є створення відповідного психологічного клімату з униканням негативних психологічних впливів на пацієнта та максимальне зосередження на процесі його одужання. Професійна комунікація в медицині передбачає різні види взаємодії медичних працівників з хворими, їхніми родичами та своїми колегами для досягнення позитивного ефекту лікування (Ho et al., 2024; Lyng et al., 2022).

При спілкуванні медичного працівника з пацієнтом необхідно проявляти інтерес до нього, підтримувати його позитивні риси, розуміти різну поведінку без засудження, бути привітним і доброзичливим, вміти уважно слухати та дати можливість пацієнту виговоритися, вміння правильно формулювати запитання і допомагати пацієнту описати свій стан; вміння використовувати різні методи спілкування (Myroniuk, & Pohoriliak, 2023).

За даними авторів (Бількевич, Галіяш, & Петренко, 2019) застосування різних засобів комунікації вказує на готовність до спілкування з пацієнтом, до зорового контакту, приємної посмішки, підтримки кивками голови, відкриті жести, нахил тулуба в бік пацієнта.

Автори Halimi et al, (2025) підкреслюють важливість афіліації для пацієнта, тобто потреби бути затребуваним в суспільстві, співпрацювати з людьми, перебувати з ними разом, мати емоційне спілкування, бути залученим до міжособистісного вирішення різних питань (Halimi et al, 2025).

За спостереженнями авторів (Perry et al., 2023; Ponce-Garcia, & Madewell, 2024) афіліація зберігає зацікавленість до професії, бажанням допомагати та співпрацювати з пацієнтами, а також від відходження від професії, професійного вигорання.

Одним з аспектів, що забезпечує комунікативну компетентність медичних працівників, є емоційна стабільність, відсутність імпульсивності та експресивності, зі збереженням контролю над власними емоціями та поведінкою. У разі виникнення захворювання у пацієнта підвищується рівень його тривоги з посиленням емоційної нестійкості та появи дратівливості, агресивності. Дані виражені емоційні реакції втомлюють і виснажують взаємодію, руйнують довіру, викликають тривогу, тому саме емоційна стабільність допомагає медичним працівникам уникати конфліктів та розвитку вигорання. Важливим аспектом комунікативної компетентності є комунікативна терпимість, яка відображає здатність медичних працівників сприймати небажані чи неприйнятні для них індивідуальні особливості пацієнтів, негативні вчинки (Sandars et al., 2025). При виникненні конфліктних ситуацій медичного працівника з пацієнтом страждає здатність професійно надавати допомогу та існує ризик появи синдрому вигорання.

Надзвичайно важливою рисою медичного працівника є емпатія, під якою розуміють здатність відчувати емоційний стан і розділяти почуття іншої людини. Емпатія під час надання ефективної допомоги пацієнту не завжди передбачає активне втручання, а емпатійне слухання іншої людини, емоційне розуміння без оцінки чи засудження. Оскільки емпатія дозволяє медичним працівникам виявляти та розпізнавати занепокоєння, досвід та перспективи на майбутнє у пацієнтів, вона зміцнює та вдосконалює лікувальні відносини між ними (Mugford et al., 2022).

Розвитку та використанню емпатії під час підготовки медичних працівників можна сприяти шляхом збільшення практичного досвіду, можливостей відчути думку пацієнта та пропонування контакту з пацієнтом на різних етапах навчальної програми, починаючи з молодших курсів. Викладачам потрібен час і можливості для якісного власного спілкування з пацієнтами щодо їх діагнозу і лікування, а також удосконалення педагогічної поведінки і своєї ролі як еталону для емпатійного лікування пацієнтів та запобігання стресу. Студентам потрібна підтримка в аналізі й розумінні своїх дій, поведінки та набування досвіду роботи з пацієнтами (Steinmair et al., 2022).

Медичні працівники, які є основою громадського здоров'я, можуть мати зміни психічного здоров'я на фоні сучасних проблем сьогодення зі зростанням соціальних та економічних витрат. І саме резильєнтність, що передбачає здатність адаптуватися до несприятливих обставин та керувати стресом, пропонує можливості для попередження ментальних порушень і вигорання. Розвиток і зміцнення навичок стійкості під час підготовки медичних працівників допоможе підготуватися до стресу та ефективно справлятися з ним протягом усієї кар'єри. Стійкість є багатовимірним компонентом особистості, що вибудовується із взаємодії індивідуальних особливостей та факторів навколишнього середовища (Sipondo, & Terblanche, 2024).

Медичні працівники з високим рівнем стійкості швидше адаптуються до нових умов, знаходять дієві варіанти розв'язання проблем, зберігають позитивну налаштованість, а також виходять із несприятливих ситуацій з оновленою компетентністю (Sheikhrabari, 2022; Sperling, 2025).

З метою формування психологічної стійкості необхідно планувати та впроваджувати заходи, засновані на трьох базових людських потребах: потребі в контролі (вірі в те, що людина має особисті ресурси для досягнення своєї мети), потребі в узгодженості (в глибокому та змістовному відчутті світу) та потребі у зв'язку (приналежності та розвитку соціальних зв'язків) (Tan, 2025; Wu, 2020).

Для формування і покращення резильєнтності майбутніх медичних працівників існує низка рекомендації, з яких на особливу увагу заслуговують такі: приймати рішення та вживати заходів, які допоможуть впоратися з труднощами або покращити якість життя, бути зосередженим на своїх цілях, навіть якщо їх досягнення може бути нелегким, намагатися витратити більшу частину свого часу на досягнення своїх цілей, залишаючи час на відпочинок; визнавати те, що не завжди можна змінити ситуацію, але можна змінити своє сприйняття її, нагадувати собі, що кожен заслуговує на турботу і підтримку, практикувати вдячність за допомогу (Zhou, 2020).

Таким чином, комунікативна компетентність медичних працівників вимагає не лише наявності певних знань, а й формування спеціальних навичок: вміння встановлювати контакт, слухати, зчитувати невербальні знаки комунікації, будувати розмову, формулювати запитання. Це також вміння володіти власними емоціями, зберігати впевненість у вірності наданої інформації чи дій, контролювати власні реакції та поведінку загалом.

Інтеграція інноваційних педагогічних методів, таких як психологічні тренінги і клінічні випадки, у медичні навчальні програми може значно підвищити комунікативну компетентність студентів-медиків, готуючи їх до реальних викликів. Комунікація важлива в усіх аспектах підготовки медичних працівників, оскільки її вивчення допомагає краще скласти іспити, проходити співбесіди, підвищує особисту продуктивність, покращує взаємодію з пацієнтами та сприяє кар'єрному зростанню.

Реформування освіти в Україні повинно бути направлене на розвиток комунікації і резильєнтності у студентів для ефективної адаптації на робочому місці в майбутньому і тому актуальність цього питання щодо підготовки майбутніх медичних працівників є надзвичайно високою. Подальше впровадження в освітній процес методів, що спрямовані на ефективне засвоєння студентами навичок з резильєнтності, буде сприяти покращенню якості надання медичної допомоги пацієнтам в умовах сьогодення.

**Висновок.** Навчання в медичних вузах повинно бути направлене на впровадження в освітній процес методів, що спрямовані на ефективне засвоєння студентами навичок з резильєнтності, що буде сприяти покращенню якості надання медичної допомоги в подальшому.

## Література:

1. BILKEYYCH, N. A., GALIYASH, N. B., & PETRENKO, N. V. (2019). Modern approaches to the formation of communicative competencies (2019) *Medical Education*, 3, 52-56. DOI:10.11603/me.2414-5998.2019.3.10648.
2. HALIMI, S. N., ROWETT, D. & LEUTCH, K. (2025). A realist review of programs fostering the resilience of healthcare students: What works, for whom and why? *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 21 (1), 22-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2024.10.006>.
3. HO, S. S., SOSINA, W., DEPIERRO, J. M., PEREZ, S., KHAN, A., & CHARNEY, D. S. (2024). Promoting Resilience in Healthcare Workers: A Preventative Mental Health Education Program. *Int J Environ Res Public Health*, 21 (10), 1365. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph21101365>.

4. JAIN, N., PRASAD, S., & REINIS, A. (2022) War Psychiatry: Identifying and Managing the Neuropsychiatric Consequences of Armed Conflicts *Journal of Primary Care & Community Health*. 13: 1-11. DOI: 10.1177/21501319221106625.
5. LYNG, H. B., MACRAE, C., & WIIG, S. (2022). Capacities for resilience in healthcare; a qualitative study across different healthcare contexts. *BMC Health Serv Res*, 22 (1), 474. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07887-6> DOI: <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07887-6>.
6. MYRONYUK, I. S., & POHORILYAK, R. YU. (2022) Development of the science of communications in healthcare in Ukraine: an analytical review. *Ukraine. Health of the Nation*. 4 (70), 43-48. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/50652><https://doi.org/10.24144/2077-6594.4.1.2022.277063>.
7. MUGFORD, H., O'CONNOR, C., & POPOLI, D. (2022) Medical Students' Perceptions and Retention of Skills From Active Resilience Training. *Fam Med*, 54 (3), 213-215. DOI: <https://doi.org/10.22454/>.
8. PERRY, R., SCIOLLA, A., REA, M., SANDHOLDT, C., JANDREY, K., & WILKES, M. (2023). Modeling the social determinants of resilience in health professions students: impact on psychological adjustment. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 28 (5), 1661-1677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10459-023-10222-1>.
9. PONCE-GARCIA, E., & MADEWELL, A. N. (2024). Scale of Protective Factors (SPF): Determinants of Resilience. *International Handbook of Behavioral Health Assessment*. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89738-3\\_67-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89738-3_67-1).
10. SANDARS, J., JENKINS, L., & HUNTLEY, E. (2025). Understanding the performance-related psychological characteristics and skills of doctors: A sport psychology perspective. *Medical Teacher*, 47 (2), 309-315. DOI: <https://doi.org/10.1080/0142159X.2024.2331049>.
11. SIPONDO, A., & TERBLANCHE, N. (2024). Organisational coaching to improve workplace resilience: a scoping review and agenda for future research. *Front. Psychol*, 15, 1484222. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1484222>.
12. SPERLING, E. L., MENDEL, D., & HULETT, J. M. (2025). Resilience in the Future of Medical Education. *Intech Open*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1009472>.
13. STEINMAIR, D., ZERVOS, K., & LÖFFLER-STASTKA, H. (2022). Importance of communication in medical practice and medical education: An emphasis on empathy and attitudes and their possible influences. *World J Psychiatry*, 12 (2), 323-337. DOI: <https://doi.org/10.5498/wjp.v12.i2.323>.
14. SHULGAI, O. M., MOCHULSKA, O. M., & SHULGAI, V. M. (2026) The importance of developing communication and resilience in the training of medical workers *Medical Education* 1. P. 125-130. DOI <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2026.1.16043>.
15. TAN, M. Y., LOW, J. M., & AW, M. M. (2025). Fostering resilience in junior doctors: insights from senior physicians. *Singapore Med J*, 66 (10), 561-565. DOI: <https://doi.org/10.11622/smedj.2021213>.
16. WU, Y., SANG, Z. Q., & MARGRAF, J. (2020). The Relationship Between Resilience and Mental Health in Chinese College Students: A Longitudinal CrossLagged Analysis. *Front Psychol*, 11, 108. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00108>.
17. ZHOU, J., JIN, L., & HU, Y. (2020). Mechanism of career resilience formation during the role transition of medical interns: a grounded theory study. *Front Med (Lausanne)*, 12, 1671520. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1671520>.

## **1.9. DANCE-MOVEMENT THERAPY AS A MEANS OF PSYCHOLOGICAL REHABILITATION AFTER A TRAUMATIC EXPERIENCE**

### **1.9. ТАНЦЮВАЛЬНО-РУХОВА ТЕРАПІЯ ЯК ЗАСІБ ПСИХОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПІСЛЯ ТРАВМАТИЧНОГО ДОСВІДУ**

Протягом усього розвитку людства суспільство постійно переживало вплив різноманітних стресогенних чинників і травматичних подій, спричинених соціально-економічними трансформаціями, політичними потрясіннями, воєнними конфліктами та природними катаклізмами. Такі явища істотно позначалися не лише на фізичному стані людини, а й на її психічному здоров'ї, формуючи широкий спектр емоційних і поведінкових реакцій. Від глобальних історичних криз до індивідуальних життєвих труднощів, стрес супроводжував людину на всіх етапах розвитку цивілізації, виступаючи невід'ємною складовою її існування. У відповідь на ці виклики людство постійно шукало ефективні способи відновлення внутрішньої рівноваги, гармонізації психоемоційного стану та подолання наслідків травматичного досвіду (Рева, 2022).

Одним із універсальних засобів, що використовувалися в різні історичні періоди, була рухова активність. Вона виконувала не лише функцію підтримання фізичного здоров'я, а й слугувала важливим інструментом емоційного розвантаження та психологічного відновлення. Особливе місце у цьому контексті посідали танцювальні та ритуально-рухові практики, які існували в культурах різних народів. Вони поєднували естетичний, комунікативний і терапевтичний потенціал, сприяючи вираженню внутрішніх переживань, зняттю напруження та зміцненню відчуття спільності. Завдяки цьому поступово сформувалося розуміння руху як важливого ресурсу психічного відновлення, оскільки саме через тілесну активність людина здатна впливати на свій емоційний стан, підвищувати рівень життєвої енергії та стабілізувати психіку.

У сучасних умовах особливого значення набуває танцювально-рухова терапія як інноваційний напрям психокорекційної практики, що базується на інтеграції тілесного досвіду, емоційного переживання та рухової активності. Вона розглядає тіло не лише як фізичну структуру, але як цілісну систему, через яку відбувається взаємодія психічних і соматичних процесів. Застосування руху і танцю у терапевтичному контексті відкриває можливості для глибшого усвідомлення внутрішніх станів, опрацювання травматичного досвіду та відновлення порушеної психоемоційної рівноваги.

Водночас, попри зростаючий інтерес до танцювально-рухової терапії у науковому середовищі, питання її впливу на процеси психологічного відновлення після травматичних подій потребує подальшого ґрунтового вивчення. Існуючі дослідження підтверджують ефективність цього підходу у роботі з різними психічними розладами, однак механізми його дії, зокрема у контексті подолання наслідків психотравми, залишаються недостатньо розкритими. Це зумовлює актуальність поглибленого аналізу теоретичних засад і практичних аспектів застосування танцювально-рухової терапії як засобу психологічного відновлення особистості.

Упродовж останніх років спостерігається активізація наукового інтересу до танцювально-рухової терапії як ефективного інструменту психологічної реабілітації як в Україні, так і на міжнародному рівні. Дослідники дедалі частіше звертаються до вивчення її потенціалу в контексті відновлення психічного здоров'я, що зумовлено зростанням кількості травматичних викликів у сучасному суспільстві. Значний внесок у розвиток теоретичних засад цього напрямку зробила Т. Вільховченко (2017), яка у своїх працях розглядає історичні витоки становлення танцювально-рухової терапії, аналізує її еволюцію та визначає сучасні тенденції розвитку (Вільховченко, 2017). Особливу увагу дослідниця приділяє значенню цього методу для педагогічної практики та психологічної науки, наголошуючи на його інтегративному потенціалі.

Питання збереження та зміцнення здоров'я засобами танцювально-рухової терапії ґрунтовно висвітлено у наукових роботах О. Гладіліної. Авторка акцентує увагу на комплексному впливі цього методу, підкреслюючи його здатність одночасно покращувати як психоемоційний стан, так і фізичне самопочуття людини. У її дослідженнях наведено результати емпіричних спостережень, які підтверджують ефективність застосування рухових практик у процесі гармонізації внутрішнього стану особистості та підвищення загального рівня життєвої активності (Гладіліна, 2020).

Важливий аспект використання танцювально-рухової терапії у контексті особистісного розвитку розкрито у працях Я. Реви. Дослідник розглядає цей підхід як інноваційний інструмент самовираження та самопізнання, що сприяє розкриттю внутрішніх ресурсів людини. Зокрема, наголошується на здатності танцю виступати засобом подолання кризових станів, формування емоційної стійкості та відновлення після травматичного досвіду (Рева, 2022).

Окремі уваги заслуговують наукові напрацювання О. Шабаліної, яка досліджує взаємозв'язок тілесності та комунікативних процесів. У її роботах танцювально-рухова терапія постає як особливий спосіб «мови тіла», що дозволяє людині виражати складні внутрішні переживання, які важко вербалізувати. Такий підхід відкриває нові можливості для глибшого розуміння психоемоційних станів і сприяє їх опрацюванню (Шабаліна, 2016).

Практичні аспекти організації та впровадження танцювально-рухової терапії висвітлено у дослідженнях М. Авраменка та Д. Кузнєцова, які аналізують специфіку її застосування у роботі з особами з обмеженими фізичними можливостями. Отримані результати демонструють високий рівень адаптивності цього методу, його гнучкість та здатність враховувати індивідуальні потреби різних категорій клієнтів, що значно розширює сферу його практичного використання (Авраменко, 2006).

Отже, аналіз сучасних наукових джерел свідчить про багатовимірний характер танцювально-рухової терапії та підтверджує її ефективність у різних сферах психологічної та реабілітаційної практики. Водночас, незважаючи на значну кількість досліджень, питання, пов'язані з розкриттям механізмів її впливу на процес психологічного відновлення після травматичних подій, залишаються недостатньо висвітленими. Це зумовлює необхідність подальших наукових пошуків, спрямованих на поглиблення теоретичного обґрунтування та вдосконалення практичного застосування танцювально-рухової терапії у роботі з травмою.

Метою даної статті є дослідження та узагальнення механізмів впливу танцювально-рухової терапії на процес психологічного відновлення осіб, які зазнали травматичного досвіду. Актуальність порушеної проблематики зумовлена необхідністю пошуку ефективних підходів до відновлення психоемоційного стану особистості в умовах сучасних соціальних викликів, що супроводжуються зростанням рівня стресу та травматизації населення.

Танцювально-рухова терапія постає як один із сучасних психотерапевтичних напрямів, що базується на використанні рухової активності та танцю як засобів гармонізації внутрішнього стану людини. У межах цього підходу тіло розглядається не лише як фізична структура, а як цілісна система, що інтегрує емоційні, когнітивні та поведінкові процеси. Через рух людина отримує можливість усвідомлювати власні переживання, виражати пригнічені емоції та знаходити нові способи взаємодії із собою та навколишнім світом. Таким чином, тілесність виступає своєрідним каналом комунікації, який забезпечує зв'язок між внутрішнім психічним досвідом і зовнішньою реальністю.

Рухова активність у контексті танцювально-рухової терапії виконує функцію відображення внутрішнього стану особистості, дозволяючи безпосередньо реагувати на події та переживання. Танцювальні практики сприяють залученню всіх рівнів функціонування людини – тілесного, емоційного та когнітивного, що забезпечує цілісність процесу самопізнання та розвитку. Завдяки цьому формується новий досвід переживання себе, який є важливим для відновлення після психотравмуючих подій і налагодження ефективної взаємодії з соціальним середовищем (Рева, 2022).

Теоретичні засади танцювально-рухової терапії ґрунтуються на низці ключових принципів, що визначають її методологічну основу. Передусім, це ідея єдності тіла і психіки, відповідно до якої будь-які зміни у фізичному стані впливають на емоційне та когнітивне функціонування особистості, і навпаки. Важливим є також розуміння танцю як багаторівневого засобу комунікації, що охоплює внутрішній діалог людини із собою, взаємодію з іншими та взаємозв'язок із ширшим соціокультурним простором.

Не менш значущим є холістичний підхід, який передбачає розгляд людини як цілісної системи, у якій думки, емоції та поведінка перебувають у тісній взаємодії. У цьому контексті танцювально-рухова терапія спрямована на гармонізацію цих складових, що сприяє досягненню внутрішньої рівноваги. Окрім того, тіло трактується як динамічна структура, що постійно змінюється під впливом життєвого досвіду, а отже, здатна до розвитку та трансформації.

Особливу роль у цьому процесі відіграє творчий компонент, оскільки танець розглядається як форма самовираження, що активізує внутрішні ресурси особистості. Залучення до творчої діяльності сприяє розкриттю потенціалу людини, підвищенню рівня життєвої енергії та формуванню нових способів адаптації до складних життєвих обставин. Таким чином, танцювально-рухова терапія виступає не лише як метод психологічної допомоги, але і як ефективний засіб особистісного розвитку та відновлення психічного здоров'я.

Застосування танцю та рухової активності у терапевтичному процесі сприяє всебічній активації функціональних систем організму. Зокрема, відбувається стимуляція когнітивних процесів, покращується концентрація уваги та здатність до усвідомленого сприйняття, а також зміцнюється опорно-руховий апарат. Важливим є й біохімічний аспект: під впливом рухової активності підвищується рівень серотоніну та інших нейромедіаторів, що позитивно впливають на емоційний стан, сприяючи зниженню рівня стресу, тривожності та депресивних проявів. Систематичне виконання танцювальних вправ також нормалізує фізіологічні процеси, зокрема артеріальний тиск, якість сну та роботу травної системи, що зумовлено комплексною взаємодією фізичних і психічних механізмів регуляції організму (Гладіліна, 2020).

Однією з ключових характеристик танцювально-рухової терапії є свобода та варіативність рухів, що створює безпечний простір для самовираження. У такому середовищі особа отримує можливість відкрито проявляти свої емоції, усвідомлювати внутрішні переживання та поступово позбавлятися психологічних бар'єрів. Це сприяє підвищенню рівня самооцінки, формуванню впевненості у власних можливостях та зменшенню соціальної тривожності. У процесі рухової імпровізації відбувається гармонізація взаємозв'язку між тілесними відчуттями та психічними станами, що, у свою чергу, позитивно впливає на формування цілісної самоідентичності.

Особливого значення набуває спонтанний характер танцю, який дозволяє виявляти та опрацьовувати так звані «тілесні блоки» або м'язові затискачі, що часто є відображенням невирішених внутрішніх конфліктів. Через спеціально організовані рухові практики ці напруження поступово усвідомлюються та трансформуються, відкриваючи можливості для їх подальшого пропрацювання. Залучення музичного супроводу посилює цей ефект, сприяючи зануренню у власний внутрішній світ, активізації уяви та емоційної сфери. Такий стан дозволяє тимчасово дистанціюватися від зовнішніх обставин і зосередитися на особистісних переживаннях, що є важливим етапом у процесі психологічного відновлення (Вільховченко, 2017).

Сучасні підходи до розуміння танцювально-рухової терапії повертають її до первісних витоків, де танець розглядається як універсальна форма самовираження, доступна кожній людині незалежно від рівня підготовки. У цьому контексті акцент переноситься з технічної досконалості рухів на їхню автентичність та здатність передавати внутрішні стани. Тіло постає як первинний засіб комунікації, що володіє унікальною здатністю відображати емоції,

переживання та особистісні смисли. Завдяки цьому рух стає ефективним інструментом для усвідомлення власної індивідуальності, внутрішніх потреб та глибинних емоційних процесів.

Інтеграція тілесного досвіду у психотерапевтичну практику створює підґрунтя для глибокого емоційного вивільнення, що є одним із ключових механізмів психологічного відновлення. Через рух відбувається не лише вираження, але й переробка емоційного досвіду, що дозволяє досягти стану психічного розвантаження. Взаємозв'язок між фізичною активністю та психічним змістом набуває особливого значення, оскільки саме через тілесні дії відкривається доступ до тих переживань, які складно або неможливо вербалізувати.

Важливою перевагою танцювально-рухової терапії є її доступність для осіб, які мають труднощі у вербальному вираженні емоцій. Використання тіла як засобу комунікації дозволяє обійти мовні бар'єри та забезпечує більш природний спосіб самовираження. Учасники терапевтичного процесу отримують можливість безпосередньо взаємодіяти зі своїми емоціями, що сприяє їх усвідомленню та прийняттю.

З наукової точки зору, ефективність цього підходу пояснюється також фізіологічними механізмами. Активна рухова діяльність стимулює вироблення ендорфінів – природних регуляторів настрою, які знижують відчуття болю та сприяють виникненню позитивних емоцій. Паралельно відбувається зменшення м'язової напруги, покращується кровообіг і загальний фізичний стан організму. У сукупності ці процеси забезпечують не лише фізичне розслаблення, але й глибоке психологічне відновлення, що робить танцювально-рухову терапію ефективним засобом подолання наслідків стресу та травматичних переживань.

Використання рухової активності в терапевтичному процесі має важливе значення для нормалізації функціонування вегетативної нервової системи, що позитивно позначається як на фізичному самопочутті, так і на емоційній сфері людини. Завдяки систематичному залученню до рухливих вправ відбувається зниження рівня напруження, гармонізація внутрішніх процесів організму та формування відчуття внутрішньої рівноваги. У результаті цього учасники терапії отримують можливість глибше усвідомлювати власні емоції, розпізнавати їхні причини та знаходити більш адаптивні способи їхнього вираження й опрацювання. Такий підхід сприяє комплексному психоемоційному відновленню та покращенню якості життя загалом.

Окрім цього, у межах танцювально-рухової терапії (ТРТ) важливу роль відіграє процес когнітивного реструктурування, який передбачає переосмислення травматичного досвіду через новий тілесний досвід. Учасники поступово формують інший погляд на події минулого, спираючись на позитивні відчуття, отримані під час терапевтичної роботи. Це дозволяє зменшити інтенсивність негативних переживань, пов'язаних із травмою, та послабити їхній вплив на теперішнє життя. Важливо, що в цьому процесі відбувається трансформація усталених когнітивних схем, які раніше базувалися на страху, болю або тривожності, у більш конструктивні та ресурсні моделі мислення.

Основою такого підходу є уявлення про те, що новий позитивний тілесний досвід здатен змінювати інтерпретацію минулих подій, надаючи їм іншого емоційного забарвлення. Завдяки цьому травматичні спогади поступово втрачають свою деструктивну силу та інтегруються в загальний життєвий досвід людини без надмірного психологічного напруження. Як наслідок, спостерігаються суттєві покращення психічного стану, зокрема зниження проявів посттравматичного стресового розладу, стабілізація емоційного фону та підвищення загального рівня психологічного благополуччя. Таким чином, тілесно-орієнтована терапія не лише сприяє подоланню наслідків травми, але й допомагає відновити відчуття цілісності особистості та контролю над власним життям.

Суттєвою перевагою танцювально-рухової терапії (ТРТ) є також формування та зміцнення відчуття контролю над власним тілом і внутрішніми станами. У процесі виконання спеціально підібраних вправ учасники навчаються усвідомлено регулювати свої рухи, що поступово переноситься і на здатність керувати емоціями та мисленнєвими процесами. Це сприяє зростанню впевненості у власних можливостях, підвищенню самооцінки та формуванню відчуття внутрішньої стабільності (Van der Kolk, 2014).

Здатність до саморегуляції, яка розвивається через тілесну практику, виступає своєрідною моделлю для ширшого контролю у психологічній сфері. Опановуючи різноманітні рухові техніки, людина не лише вдосконалює фізичні навички, але й набуває інструментів для впливу на власний психоемоційний стан. Такий досвід формує відчуття автономії та самодостатності, що є важливим ресурсом у подоланні життєвих труднощів. У підсумку учасники терапії отримують можливість більш ефективно управляти своїм станом, досягати емоційної рівноваги та підтримувати психологічне благополуччя у різних життєвих ситуаціях.

Танцювально-рухова терапія, яка здебільшого реалізується у груповому форматі, виступає дієвим інструментом формування та зміцнення міжособистісних взаємин між учасниками. У процесі таких занять створюється безпечний простір, де кожен має можливість не лише проявити себе через рухову експресію, але й вступати у глибшу емоційну взаємодію з іншими. Рух, танець і спільна діяльність стають своєрідною мовою комунікації, що дозволяє передавати почуття та переживання без використання вербальних засобів. Завдяки цьому формується більш тонке розуміння емоційних станів інших людей, розвивається здатність до емпатії та співпереживання.

Колективний характер танцювально-рухової терапії сприяє активізації процесів взаємопідтримки в групі. Учасники поступово навчаються довіряти один одному, спільно долати труднощі та досягати поставлених цілей. Виконання групових рухових завдань і творчих вправ стимулює розвиток навичок кооперації, взаємодопомоги та відповідальності за спільний результат. У цьому контексті важливою є не лише індивідуальна робота кожного учасника, а й їхня здатність діяти як частина цілісної групи. Така взаємодія сприяє згуртованості колективу, формує позитивний соціально-психологічний клімат і розвиває ефективні комунікативні стратегії.

Водночас участь у танцювально-руховій терапії створює передумови для формування стійких і позитивних соціальних зв'язків, які нерідко виходять за межі терапевтичного середовища. Учасники переносять набутий досвід взаєморозуміння, підтримки та відкритості у повсякденне життя, що сприяє покращенню їхніх соціальних контактів і загального емоційного стану. Такий довготривалий ефект проявляється у зміцненні соціальної підтримки, підвищенні рівня довіри до оточення та зниженні відчуття ізольованості чи самотності.

Не менш важливим є вплив танцювально-рухової терапії (ТРТ) на фізичний стан людини. Регулярна участь у подібних практиках сприяє комплексному оздоровленню організму, поєднуючи психотерапевтичний ефект із фізичною активністю. Завдяки систематичному виконанню різноманітних рухових вправ відбувається зміцнення м'язової системи, покращення координації рухів, розвиток гнучкості та підвищення загальної витривалості. Такі зміни позитивно впливають на загальний рівень життєвої активності та сприяють підвищенню фізичної працездатності.

Варто підкреслити, що покращення фізичного здоров'я безпосередньо пов'язане з позитивними змінами у психоемоційній сфері. Фізична активність стимулює вироблення ендорфінів, які виконують роль природних анальгетиків і водночас сприяють покращенню настрою. У результаті зменшується рівень тривожності, знижується інтенсивність стресових реакцій, а також підвищується загальне відчуття задоволеності життям. Таким чином, тілесна активність у межах ТРТ виступає важливим чинником формування позитивного емоційного фону та психологічної стійкості (Лозова, 2019; Мова, 2005).

Крім того, регулярне залучення до рухових практик у межах терапії має профілактичне значення щодо розвитку низки хронічних захворювань. Зокрема, активний спосіб життя, що підтримується завдяки ТРТ, сприяє зниженню ризику виникнення серцево-судинних патологій, порушень обміну речовин, включаючи цукровий діабет другого типу, а також допомагає контролювати масу тіла. Участь у таких заняттях стимулює формування здорових звичок і відповідального ставлення до власного організму.

Отже, танцювально-рухова терапія постає як цілісний підхід, що поєднує в собі психологічні та фізіологічні аспекти впливу. Вона не лише сприяє гармонізації внутрішнього

стану людини, але й забезпечує зміцнення її фізичного здоров'я, формуючи основу для довготривалого благополуччя та підвищення якості життя.

**Висновки.** Узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що танцювально-рухова терапія є результативним психотерапевтичним підходом, у якому рух і танець виступають ключовими засобами відновлення психоемоційного стану особистості після пережитих травматичних подій. У межах цього підходу тіло розглядається не просто як допоміжний інструмент, а як повноцінний носій і виразник внутрішнього досвіду людини. Саме через тілесні відчуття, рухову активність та пластичну експресію відбувається усвідомлення, проживання й трансформація емоцій, що дозволяє більш глибоко працювати з внутрішніми переживаннями та психологічними конфліктами.

Інтеграція тілесного та психічного компонентів у процесі терапії забезпечує цілісний вплив на особистість. Такий підхід активізує не лише емоційні, але й когнітивні процеси, сприяє підвищенню рівня усвідомленості та формуванню нових адаптивних стратегій реагування. Одночасно з цим відбувається позитивний вплив на фізичний стан: покращується тонус м'язів, координація рухів, загальна витривалість організму. Сукупність цих змін веде до зменшення рівня стресу, нормалізації психофізіологічних процесів та підвищення загального самопочуття.

Важливе значення для ефективності танцювально-рухової терапії мають її базові принципи. Зокрема, ключовим є розуміння нерозривного взаємозв'язку між тілом і психікою, що передбачає взаємний вплив фізичних і психологічних процесів. Не менш суттєвим є холистичний підхід, у межах якого людина розглядається як єдина система, де думки, емоції та поведінка перебувають у постійній взаємодії. Особлива увага приділяється також самовираженню через рух, яке відкриває можливості для безпечного прояву пригнічених або неусвідомлених почуттів.

Зазначені принципи формують підґрунтя для ефективної терапевтичної практики, яка спрямована не лише на подолання наслідків психотравмуючих подій, але й на гармонійний розвиток особистості. Танцювально-рухова терапія сприяє підвищенню рівня самопізнання, розвитку емоційного інтелекту, а також формуванню навичок соціальної взаємодії. Вона допомагає людині відновити відчуття внутрішньої цілісності, налагодити контакт із власним тілом та підвищити здатність до адаптації в різних життєвих ситуаціях.

Перспективи подальших наукових досліджень у цій сфері пов'язані з поглибленим аналізом ефективності танцювально-рухової терапії з урахуванням різних типів психотравм та індивідуальних особливостей учасників. Особливо актуальним є поєднання кількісних і якісних методів дослідження, що дозволить більш об'єктивно оцінити результати терапевтичного впливу. Це, у свою чергу, сприятиме вдосконаленню існуючих методик, їх адаптації до різних цільових груп і підвищенню загальної ефективності програм психологічної реабілітації.

## Література:

1. АВРАМЕНКО, М. Л. (2006). Особливості організації та проведення танцювально-рухової терапії для осіб з обмеженими фізичними можливостями в умовах центрів професійної реабілітації інвалідів. *Український медичний часопис*, 55 (5), 85-89.
2. ВІЛЬХОВЧЕНКО, Т. І. (2017). Розвиток танцювально-рухової терапії в Україні. *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Педагогічні науки*, (307) (2), 25-31.
3. ГЛАДІЛІНА, О. О. (2020). Танцювально-рухова терапія як засіб збереження та зміцнення здоров'я. In *Безпека життя і діяльності людини: теорія та практика* (с. 378-379).
4. ЛОЗОВА, О. М. (2019). Танцювально-рухова терапія як метод психологічної допомоги особистості. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Психологічні науки*, (2), 149-153.

5. МОБА, Л. (2005). Значення танцювально-рухового напрямку практичної психології для гармонійного розвитку особистості і сімейних взаємовідносин. *Наукові студії із соціальної та політичної психології*, 123-133.
6. РЕВА, Я. (2022). Танцювальна терапія як інноваційна технологія особистісного розвитку. *Актуальні питання гуманітарних наук*, 47 (3), 30-34.
7. ШАБАЛІНА, О. М. (2016). *Пластичність. Мова. Тіло: монографія*. Slovo.
8. VAN DER KOLK, B. A. (2014). *The body keeps the score: Brain, mind, and body in the healing of trauma*. Viking.

## 1.10. DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE PHYSICS TEACHERS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

### 1.10. РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер життєдіяльності, що зумовлює глибокі трансформації в галузі освіти. Цифрова трансформація освіти передбачає не лише впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес, а й переосмислення змісту, форм і методів підготовки педагогічних кадрів. Тому особливої актуальності набуває проблема розвитку інформаційно-цифрової компетентності (ІЦК) майбутніх учителів фізики як необхідної складової їхньої професійної готовності до педагогічної діяльності в умовах цифрового освітнього середовища.

Необхідність формування інформаційно-цифрової компетентності педагогів визначена на рівні державної освітньої політики. Зокрема, у Законі України «Про освіту» (2017) цифрова компетентність віднесена до ключових компетентностей, що мають формуватися у здобувачів освіти, а отже, потребують відповідного рівня сформованості у педагогічних працівників. (Закон України «Про освіту», 2017). У Законі України «Про повну загальну середню освіту» (2020) підкреслюється важливість використання сучасних цифрових технологій в освітньому процесі та необхідність підготовки вчителя, здатного ефективно діяти в інформаційно-освітньому середовищі (Закон України «Про повну загальну середню освіту», 2020). Визначальним нормативним документом, що конкретизує вимоги до професійної діяльності вчителя, є Професійний стандарт за професією «Вчитель закладу загальної середньої освіти» (Міністерство освіти і науки України, 2024). У структурі загальних компетентностей педагога виокремлено інформаційно-цифрову компетентність, яка передбачає здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, ефективно використовувати цифрові ресурси в освітньому процесі, створювати власні цифрові освітні продукти, а також забезпечувати безпечне та етичне використання цифрових технологій. Отже, цифрова компетентність розглядається як інтегральна характеристика сучасного вчителя, що безпосередньо впливає на якість освітнього процесу. Важливість розвитку цифрової компетентності також відображена у стратегічних документах державного рівня, зокрема в Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року (Кабінет Міністрів України, 2024), яка продовжує започатковану в 2018-2020 роках. Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України (Кабінет Міністрів України, 2018), де наголошувалось на необхідності формування цифрових навичок і компетентностей громадян як ключового чинника конкурентоспроможності держави. Освітня галузь у цьому процесі відіграє провідну роль, забезпечуючи підготовку фахівців, здатних ефективно функціонувати в умовах цифрового суспільства. Суттєвий вплив на формування підходів до розвитку інформаційно-цифрової компетентності мають міжнародні освітні рамки. Зокрема, Європейська рамка цифрової компетентності громадян (DigComp) визначає структуру цифрової компетентності як сукупність знань, умінь і ставлень у сферах інформаційної грамотності, комунікації, створення цифрового контенту, безпеки та розв'язання проблем (European Commission, 2022). Водночас Європейська рамка цифрової компетентності педагогічних працівників (DigCompEdu) деталізує ці положення з урахуванням специфіки педагогічної діяльності, акцентуючи увагу на використанні цифрових технологій у навчанні, оцінюванні, професійному розвитку та взаємодії з учнями (European Commission, 2017).

Особливої уваги потребує підготовка майбутніх учителів фізики, як науки, що має значний потенціал для інтеграції цифрових технологій: використання віртуальних лабораторій, комп'ютерного моделювання фізичних процесів, цифрових вимірювальних комплексів, систем збору та обробки експериментальних даних. Слід указати, що рівень

сформованості інформаційно-цифрової компетентності майбутнього вчителя фізики безпосередньо впливає на ефективність організації дослідницької діяльності учнів, формування їхнього наукового світогляду та розвиток критичного мислення.

У сучасних умовах цифрової трансформації освіти розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики набуває стратегічного значення, визначаючи конкурентоспроможність вищої педагогічної освіти в Україні. Цифрова трансформація, як ключовий елемент інформаційного суспільства, передбачає перехід від традиційних методів викладання до інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), штучного інтелекту (ШІ), віртуальних лабораторій та STEM-підходів, що особливо актуально для дисциплін природничого циклу, якою є фізика (*Кабінет Міністрів України, 2020*). Актуальність проблеми зумовлена кількома факторами: по-перше, швидким розвитком цифрової економіки, де за даними відкритих джерел понад 80% робочих місць вимагатимуть високого рівня цифрових навичок вже найближчим часом; по-друге, вимогами Нової української школи (НУШ), яка акцентує увагу на компетентнісному підході з пріоритетом інформаційно-цифрової грамотності; по-третє, викликами воєнного часу та поствоєнної відбудови, де фізика як фундаментальна наука потребує інноваційних методів моделювання фізичних процесів для підготовки кадрів у сфері оборонних технологій, енергетики та космічних досліджень. Цифрова трансформація освіти в Україні, інспірована глобальними трендами (наприклад, EU Digital Education Action Plan 2021-2027), посилюється національними ініціативами, такими як "Держава в смартфоні" та платформа "Дія.Освіта". Для майбутніх учителів фізики це означає необхідність оволодіння не лише базовими ІКТ, а й спеціалізованими інструментами: програмним забезпеченням для симуляції фізичних явищ та процесів (наприклад, PhET (*University of Colorado Boulder, n.d.*), GeoGebra), робототехнічними платформами (Arduino (*Arduino, n.d.*), LEGO Mindstorms) та хмарними сервісами (Google Classroom (*Google, n.d.*), Moodle (*Moodle, n.d.*)) для створення інтерактивних уроків. Дослідження показують, що лише 30% випускників педагогічних ЗВО мають високий рівень цифрової компетентності, що створює "цифровий розрив" і гальмує впровадження компетентнісної моделі освіти. Ця проблема наразі є особливо актуальною, оскільки інформаційне суспільство вимагає від учителів фізики розвивати цифрову грамотність учнів, сприяючи формуванню суспільства знань, де фізика стає інструментом цифрової інклюзії та інновацій. Отже, підготовка учителів фізики є частиною національної стратегії цифровізації, де фізика розглядається як основа для розвитку квантових технологій, штучного інтелекту та відновлюваної енергетики – ключових секторів цифрової економіки.

Попри значну увагу до проблеми цифровізації освіти, питання цілеспрямованого формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики потребує подальшого теоретичного обґрунтування та методичного забезпечення. Зокрема, актуальним є визначення педагогічних умов, засобів і технологій, що забезпечують ефективний розвиток цієї компетентності в процесі професійної підготовки.

Отже, актуальність дослідження зумовлена суперечністю між зростаючими вимогами до рівня інформаційно-цифрової компетентності сучасного вчителя фізики та недостатньою розробленістю методичних підходів до її формування у майбутніх педагогів. Це визначає необхідність пошуку ефективних шляхів розвитку інформаційно-цифрової компетентності в системі професійної підготовки майбутніх учителів фізики.

Інформаційно-цифрова компетентність є фундаментальною складовою професійної підготовки сучасних педагогів, особливо учителів фізики, в умовах цифрової трансформації освіти. Інформаційно-цифрова компетентність визначається як інтегративна здатність суб'єкта освітнього процесу впевнено, критично та відповідально використовувати цифрові технології для навчання, роботи та участі в суспільстві. У контексті підготовки майбутніх учителів фізики це поняття адаптовано до специфіки дисципліни, де ІЦК охоплює не лише базові навички роботи з ІКТ, а й спеціалізовані уміння моделювати фізичні процеси, аналізувати дані експериментів та створювати інтерактивний контент. Згідно з рамковою моделлю DigComp 2.2 Європейської Комісії, ІЦК включає п'ять ключових сфер: інформаційна

та даних, комунікація та співпраця, створення цифрового контенту, безпека та вирішення проблем, що адаптовано для педагогів фізики через акцент на STEM-інтеграцію.

Структура ІЦК будується за чотирикомпонентною моделлю, яка включає мотиваційний, когнітивний, діяльнісний та рефлексивний компоненти. Мотиваційний компонент формує внутрішню готовність до освоєння цифрових інструментів, включаючи інтерес до інновацій та усвідомлення їх значення для професійного зростання. Для учителів фізики це проявляється в мотивації використовувати симуляції для візуалізації абстрактних понять, таких як квантова механіка чи електромагнітні хвилі, що підвищує зацікавленість учнів. Когнітивний компонент охоплює знання про цифрові технології, їх принципи функціонування та застосування в дидактиці фізики – від розуміння алгоритмів віртуальних лабораторій до аналізу big data в астрофізиці. Діяльнісний компонент реалізується через практичні навички: створення уроків у Moodle, програмування мікроконтролерів для фізичних експериментів чи використання AR/VR для моделювання фізичних чи астрономічних явищ. Рефлексивний компонент забезпечує самооцінку ефективності цифрових методів, корекцію педагогічних стратегій та етичне ставлення до даних, запобігаючи дезінформації в цифровому середовищі.

Цифрові технології трансформують викладання фізики від пасивного засвоєння знань до активного конструювання, де учні стають здобувачами знань. ІКТ є базою для інтеграції мультимедіа, хмарних сервісів та мобільних додатків, дозволяючи моделювати динамічні процеси, недоступні в традиційних лабораторіях, наприклад, рух електронів у атомі чи гравітаційні хвилі. У підготовці учителів фізики ІКТ розвивають навички створення гібридних уроків, де теорія поєднується з симуляціями PhET Interactive Simulations чи Algodoo, що підвищує мотивацію учнів на 40–50% за даними педагогічних експериментів.

STEM-підхід (Science, Technology, Engineering, Mathematics) інтегрує фізику з технологіями через проєктну діяльність: від конструювання роботів для демонстрації законів Ньютона до програмування датчиків для вимірювання радіації. Для майбутніх учителів це формує компетентність проведення STEM-уроків, де фізика стає ядром інженерних проєктів, сприяючи розвитку критичного мислення та командної роботи. Віртуальні лабораторії (VLab), такі як Labster чи домашні платформи на базі Unity, усувають обмеження реального обладнання, дозволяючи моделювати недоступні в умовах шкільної лабораторії або небезпечні експерименти (ядерні реакції, високовольтні розряди) та персоналізувати навчання.

В контексті цифрової трансформації роль технологій багатократно підсилюється. І учителі фізики повинні вміти адаптувати технології до рівня класу та предметних особливостей.

Слід зауважити, що формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики в закладах вищої освіти є системним процесом, орієнтованим на практичну інтеграцію цифрових технологій у педагогічну підготовку.

Першим напрямком її формування є інтеграція мобільних додатків, оскільки смартфони та планшети доступні 90% студентів, що дозволяє реалізувати гейміфіковане навчання фізики. Такі додатки як PhET Simulations, онлайн-симуляції якого охоплюють різні розділи фізики (механіка, електрика, оптика тощо), і його інтерактивні моделі дають можливість змінювати параметри та спостерігати результати в реальному часі. Додаток є безкоштовним. Або ж Physics Lab AR. Це додаток доповненої реальності для моделювання фізичних експериментів. Він дає можливість візуалізації лабораторного обладнання, зміни параметрів експерименту, спостереження фізичних процесів у 3D форматі. Доступ: Google Play, App Store (умовно безкоштовно). На сьогодні є і багато інших як безкоштовних, так і платних. Всі вони розвивають діяльнісний компонент ІЦК та навчають студентів створювати мобільні лабораторії для шкільних уроків. Такі ресурси допоможуть зробити уроки фізики цікавішими, наочнішими та доступнішими для учнів.

У підготовці учителів фізики це передбачає зміни у змісті методики навчання фізики та оновлення певних вибіркового курсів, наприклад по моделюванню фізичних процесів чи з робототехніки.

Хмарні платформи (Google Classroom, Microsoft Teams, Moodle) є основою для формування комунікаційного та творчого аспектів ІЦК, вони дозволяють студентам створювати гібридні курси з фізики для дистанційного та змішаного навчання. У ЗВО це реалізується через спеціалізовані модулі, де майбутні учителі фізики інтегрують хмарні інструменти для онлайн-лабораторій (Padlet для мозкових штурмів, Canva для інфографіки фізичних законів), забезпечуючи доступність навіть у найвіддаленіших куточках України.

Міжпредметні STEM-підходи інтегрують фізику з інформатикою, математикою та технологіями через міждисциплінарні проєкти: наприклад, моделювання сонячних панелей у Tinkercad чи аналіз даних з дронів для аеродинаміки. У майбутньому, саме учителі фізики стають координаторами STEM-клубів, що відповідає Концепції STEM-освіти МОН (*Кабінет Міністрів України, 2020*).

Методичні підходи до формування ІЦК краще впроваджуються на блоковій структурі, яка включає: цільовий, змістовий, діяльнісний та результативний компоненти. Цільовий блок визначає мету – досягнення високого рівня сформованості компетентності. Діяльнісний – передбачає практичні форми, такі як лабораторні роботи з симуляціями, стажування в школах з гібридним навчанням та хакатони з фізики. Результативний блок оцінює ефективність через відповідні тести чи портфоліо цифрових ресурсів.

Розроблена низка педагогічних моделей та технології впровадження інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики. Вони є практичним втіленням теоретичних основ і напрямів формування ІЦК, орієнтованим на системний розвиток професійних навичок у закладах вищої освіти. Ці моделі базуються на інтегративному підході, що поєднує педагогіку, дидактику фізики та сучасні цифрові технології, забезпечуючи відповідність вимогам цифрової трансформації освіти та ліцензійним умовам МОН України. Наприклад, на наш погляд, цікавою є система "освіта-наука-технології" (ОНТ), яка є комплексною педагогічною моделлю, розробленою для підготовки учителів фізики в умовах цифровізації, що інтегрує три взаємопов'язані сфери: освітню (дидактичні методи), наукову (фундаментальні знання фізики) та технологічну (цифрові інструменти). Модель структурована так, що освіта забезпечує педагогічні компетентності, наука – глибоке розуміння фізичних законів, а технології – практичні інструменти для їх візуалізації та моделювання. У контексті ЗВО це реалізується через міждисциплінарний навчальний цикл: базовий блок (фізика та методика викладання), науковий блок (експериментальна фізика, квантова механіка) та технологічний блок (ІКТ, VR/AR, робототехніка).

Для учителів фізики ця модель передбачає формування ІЦК через цикл "теорія–практика–рефлексія": Студенти моделюють фізичні процеси, наприклад в PhET, , аналізують дані в Python, а потім адаптують це до шкільних уроків у Moodle. Це дозволяє студентам не лише освоювати інструменти, а й розробляти цифрові ресурси: інтерактивні симуляції для законів Ньютона чи електродинаміки, інтегровані з реальними датчиками.

Вона також узгоджується з психологічними аспектами мотивації, як реалізація через інновації та дидактичними принципами активного навчання.

У низці педагогічних ЗВО йде впровадження педагогічних моделей, які демонструють стійке підвищення ефективності формування ІЦК.

Але слід розуміти, що разом з позитивними тенденціями у розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів фізики з'являються і проблеми, які потребують вирішення. Статистика МОН (2025) вказує, що 65% випускників не готові до гібридного викладання фізики, що загрожує якості освіти та конкурентоспроможності цифрової економіки. Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики в умовах цифрової трансформації освіти супроводжується низкою системних і методичних проблем, які перешкоджають ефективному формуванню цієї компетентності. Серед них:

1. Невідповідність навчальних програм. Програми педагогічної освіти часто базуються на традиційному змісті, без достатньої інтеграції цифрових інструментів, віртуальних лабораторій, симуляцій і онлайн-сервісів, що викликає дисбаланс між вимогами цифрового суспільства та реальним рівнем ІКТ-підготовки студентів-фізиків.

2. Недостатній рівень цифрової компетентності майбутніх учителів. Багато студентів-майбутніх учителів фізики володіють лише базовими навичками роботи з комп'ютером, але не вміють ефективно використовувати спеціалізовані цифрові засоби (PhET, Algodoo, Tinkercad, онлайн-лабораторії, датчики, інтерактивні платформи) для підготовки та проведення уроків.

3. Невисокий рівень цифрової компетентності викладачів ВНЗ. Частина викладачів вищих навчальних закладів сама має обмежені цифрові навички, що перешкоджає моделюванню сучасної цифрової професійної діяльності і демонструванню ефективних практик інтеграції ІКТ у викладання фізики.

4. Нерівномірна матеріально-технічна база. У багатьох педагогічних університетах і лабораторіях фізики відсутні сучасні цифрові прилади, датчики, комп'ютерна периферія, віртуальні лабораторії, а також стабільний високошвидкісний інтернет, що обмежує можливості для практичного опанування цифрових технологій.

5. Відсутність цілісної моделі формування інформаційно-цифрової компетентності. У багатьох навчальних закладах не реалізовано чіткий концептуальний підхід до формування інформаційно-цифрової компетентності студентів-фізиків (інформаційно-комунікативний, інструментально-технологічний, методичний, медіа-аналітичний, безпеково-етичний та творчий компоненти), що призводить до формального використання ІКТ без глибокого осмислення.

6. Обмежене використання цифрових технологій у фізичному практикумі. Прикладні формування цифрової компетентності найчастіше зводяться до загальних ІКТ-дисциплін, а не інтегруються систематично в фахові дисципліни (теоретична фізика, методика викладання фізики, практикум), де студенти могли б «на практиці» використовувати цифрові лабораторії, симуляції, датчики і аналіз даних.

7. Проблеми цифрової безпеки та медіаграмотності. У програмах підготовки недостатньо уваги приділяється питанням цифрової безпеки, етичного використання ресурсів, критичного ставлення до інформації, використання штучного інтелекту з урахуванням авторських прав і відповідальності, що робить майбутніх учителів уразливими до відповідних ризиків.

Доцільним напрямом подолання окреслених проблем є системна модернізація змісту професійної підготовки майбутніх учителів фізики з урахуванням принципів цифрової дидактики та інтеграції ІКТ у фахові дисципліни. Передусім, це передбачає оновлення освітніх програм шляхом включення спеціалізованих курсів і модулів, спрямованих на формування інформаційно-цифрової компетентності в контексті викладання фізики (наприклад, «Цифрові технології у фізичному експерименті», «Моделювання фізичних процесів», «STEM-освіта в навчанні фізики»). Важливим є також впровадження практикоорієнтованого навчання, що базується на виконанні проєктів, дослідницьких завдань, створенні цифрових освітніх продуктів та використанні змішаних і дистанційних форм організації освітнього процесу.

Не менш важливим є підвищення кваліфікації викладачів закладів вищої освіти у сфері цифрових технологій та педагогічних інновацій. Формування цифрової компетентності майбутніх учителів фізики неможливе без створення відповідного цифрового освітнього середовища, у якому викладач виступає не лише носієм знань, а й показує приклади ефективного використання сучасних технологій. У цьому контексті актуальним є розвиток внутрішніх систем підвищення кваліфікації, участь у міжнародних освітніх проєктах, використання відкритих освітніх ресурсів та платформ професійного розвитку.

Важливою умовою є також розвиток матеріально-технічної бази закладів освіти, зокрема оснащення фізичних лабораторій цифровими вимірювальними комплексами, датчиками, комп'ютерною технікою та доступом до віртуальних лабораторій. Це дозволить забезпечити реальну інтеграцію цифрових технологій у навчальний процес і створити умови для формування діяльнісного компоненту інформаційно-цифрової компетентності.

Перспективним напрямом є впровадження міжпредметних STEM-проєктів, які поєднують фізику, інформатику, математику та технології. Така інтеграція сприяє формуванню не лише цифрових, а й дослідницьких, інженерних і комунікативних

компетентностей, що відповідає сучасним вимогам до підготовки конкурентоспроможного фахівця. Особливу роль у цьому процесі відіграє використання технологій штучного інтелекту, доповненої та віртуальної реальності, що відкривають нові можливості для візуалізації складних фізичних явищ і процесів.

**Висновки.** Інформаційно-цифрова компетентність є невід’ємною складовою професійної підготовки майбутніх учителів фізики та визначає їхню готовність до ефективної педагогічної діяльності в умовах цифрової трансформації освіти. Формування цієї компетентності має здійснюватися на основі інтегративного підходу, що поєднує зміст фізичної освіти, сучасні цифрові технології та STEM-орієнтовані методики навчання.

Ефективний розвиток інформаційно-цифрової компетентності забезпечується за умови оновлення освітніх програм, впровадження практикоорієнтованих форм навчання, розвитку цифрового освітнього середовища та підвищення кваліфікації викладачів.

Впровадження цифрових технологій у підготовку майбутніх учителів фізики сприяє підвищенню якості освітнього процесу, розвитку дослідницьких умінь, критичного мислення та готовності до інноваційної діяльності.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення методичних систем формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів фізики, а також на експериментальну перевірку ефективності запропонованих педагогічних умов і моделей.

## Література:

1. Закон України «Про освіту». (2017). № 2145-VIII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
2. Закон України «Про повну загальну середню освіту». (2020). № 463-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text>.
3. Кабінет Міністрів України. (2018). Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації (Розпорядження № 67-р). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p>.
4. Кабінет Міністрів України. (2020). Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (Розпорядження № 960-р). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#Text>.
5. Кабінет Міністрів України. (2024). Про схвалення Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках (Розпорядження № 1351-р). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1351-2024-p#Text>
6. Міністерство освіти і науки України. (2024). Професійний стандарт за професією «Вчитель закладу загальної середньої освіти» (Наказ № 1225). <https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-profesiinoho-standartu-vchytel-zakladu-zahalnoi-serednoi-osvity>.
7. Arduino. (n.d.). Open-source electronics platform. <https://www.arduino.cc>.
8. European Commission. (2017). DigCompEdu: European Framework for the Digital Competence of Educators. Publications Office of the European Union.
9. European Commission. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Publications Office of the European Union.
10. Google. (n.d.). Google Classroom. <https://classroom.google.com>
11. Moodle. (n.d.). Open-source learning platform. <https://moodle.org>
12. University of Colorado Boulder. (n.d.). PhET Interactive Simulations. <https://phet.colorado.edu>.

## **Chapter 2. THE DIGITAL ECONOMY, MANAGEMENT, AND INNOVATIVE LEADERSHIP MODELS**

### **2.1. ASSESSMENT OF POSITIVE DEVELOPMENTS IN VOCATIONAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL ECONOMY AND INFORMATION SOCIETY**

The rapid entry of humanity into the era of the digital economy and the development of the information society have fundamentally transformed the modern labor market and the mechanisms for forming professional competencies (Hetmańczyk, 2024; OECD, 2024a). Global digitalization has ceased to be merely a technological trend and has become a defining factor in economic growth, social mobility, and structural transformation of society (Țarcă et al., 2024). In this context, vocational education becomes a critically important component of the human capital system, as it shapes specialists capable of effectively functioning in high-tech environments and responding to constantly changing market demands (Xu et al., 2024). The relevance of this research topic is driven by the need to rethink the role of vocational education as a dynamic and flexible system that not only adapts to current economic needs but also anticipates future demands, preparing specialists with a fundamentally new set of competencies.

The digital economy places high demands on workforce qualifications, particularly the ability to quickly master modern technologies and work with large volumes of data (Đorđević et al., 2025; Tee et al., 2024). Today, professional expertise is no longer limited to narrow specialized skills (hard skills) but involves the integration of digital competencies, critical thinking, collaboration skills, and the ability to apply artificial intelligence and data analytics tools (Radkevych et al., 2025). This creates a number of significant challenges for the education system: there is a notable gap between the pace of technological advancement in the industrial and business sectors and the inertia of traditional educational programs. Many vocational education institutions face the moral obsolescence of their material and technical base, limited opportunities for teachers in the field of digital competence, and insufficient integration of practical digital skills into the learning process (Bazyl et al., 2024b).

Modernizing vocational education has become a strategic priority of state policy. This involves not only the introduction of modern equipment, digital platforms, and distance learning but also a deep structural overhaul of the system: the development of innovative professional standards, the creation of virtual laboratories, the updating of teacher training methodologies, and the integration of learning with business practice (Pryhodiі et al., 2025). Assessing positive shifts in this area allows for evaluating the effectiveness of current reforms, identifying the most successful models of interaction between educational institutions and stakeholders, and forecasting future directions for vocational school development. Key benchmarks include lifelong learning, the adaptability of specialists to change, and the ability of the education system to prepare personnel that meets the demands of the modern digital economy and the conditions of the information society.

The transformation of the modern world order is based on the transition from an industrial model to an information society, where knowledge, information, and innovative technologies become key production resources (Bazyl et al., 2023; Ostenda et al., 2018). In the scientific discourse, the information society is defined as a stage of civilizational development in which the majority of the workforce is engaged in the production, processing, storage, and dissemination of information. This society is characterized by a high level of interaction between technology, culture, and the economy, creating new forms of social and labor organization. A logical continuation of this process has been the formation of the digital economy, which integrates technologies into all spheres of human and societal activity (Bazyl et al., 2024a).

The digital economy is characterized by the widespread use of digital technologies as a key factor of production. It encompasses not only the information technology sector but also a complex of economic, social, and cultural relations that emerge in the process of applying digital tools and

communications (Hurzhii, & Pryhodii, 2025). It affects business models, management practices, innovation processes, and methods of learning.

For vocational education, this implies a radical paradigm shift: knowledge is no longer a static resource acquired once and used throughout life. In the digital economy, knowledge becomes a dynamic flow that requires continuous updating and verification. This imposes new requirements on the structure of educational programs, teaching methodologies, and the competencies of teaching staff (Bazyl et al., 2024b; Pryhodii et al., 2025).

In the era of digitalization, vocational education ceases to be merely a mechanism for reproducing the workforce and becomes an active driver of innovation and technological development. One of the key concepts is “Education 4.0,” which correlates with the concept of “Industry 4.0” (Жук, 2024). It entails several fundamental principles:

*Personalized learning* – the use of adaptive algorithms and platforms to create individual educational trajectories that take into account students’ prior knowledge and career goals (OECD, 2025; European Commission, 2022);

*Agility* – the ability of the educational system to respond quickly to the emergence of new technology stacks, professions, and labor market requirements (OECD, 2024b; OECD, 2025);

*Co-creation* – the shift from passive knowledge reception to active creation of content and projects in a digital environment (Жук, 2024).

An important model is the Triple Helix, which describes the interaction between universities, business, and government (Cai, & Lattu, 2022). In the digital economy, this model expands into the Quadruple Helix, where the fourth element is civil society and the digital environment (Carayannis, Barth, & Campbell, 2012). In this system, vocational education acts as a mediator, translating the demands of industry and the labor market into specific competencies for future professionals.

International experience, particularly from EU countries and the OECD, demonstrates a systemic approach to the digitalization of education and the development of professional competencies (OECD, 2023; OECD, 2024b).

The *European Digital Competence Framework* (DigComp) defines 21 competencies across five key areas: information literacy, communication and collaboration, content creation, safety, and problem solving. Vocational education in the EU integrates these competencies into all curricula (European Commission, 2022).

The *Digital Europe Programme* emphasizes the training of highly specialized professionals (e.g., Data Scientists, AI Architects) while simultaneously ensuring a basic digital level for vocational workers (European Commission, 2021).

*OECD studies* (Education at a Glance) show that job automation shifts the focus of vocational education toward soft skills and higher-order digital skills (OECD, 2023; OECD, 2025).

In Ukraine, the digitalization of vocational education is implemented through the “Digital State” concept and the Diia.Education platform (Дія.Освіта, н.д.). A positive example is the creation of digital hubs at colleges and the introduction of dual education, where digital competencies are acquired directly at the workplace in IT-oriented companies (Radkevych, & Pryhodij, 2025). At the same time, a challenge remains: overcoming the digital divide between urban and rural educational institutions and ensuring equal access to modern digital resources (OECD, 2023).

By “positive shifts” in vocational education, we understand changes that bring learning outcomes closer to the requirements of the digital labor market. The main evaluation criteria are:

*Across-the-board digitalization of competencies* – integration of digital skills into vocational subjects (Ghosh, & Ravichandran, 2024; Radkevych, & Pryhodii, 2025). For example, future construction specialists acquire BIM technologies, while agronomists learn drone management and IoT sensors;

*Program innovation* – emergence of new interdisciplinary specialties (bioinformatics, robotics, industrial cybersecurity). Programs become modular and easily updatable (Bazyl et al., 2024b);

*Flexible educational pathways (Micro-credentials)* – the ability to obtain certificates for specific skills without completing a full study cycle (Гуржій та ін., 2025);

*Integration of IT tools into educational management* – automation of document workflows, implementation of LMS and ERP systems, which increases transparency and efficiency of processes (Ghosh, & Ravichandran, 2024; Radkevych, & Pryhodi, 2025).

The role of the teacher is transforming from a “source of information” to a tutor and facilitator capable of working with VR and AR technologies. Vocational education becomes a dynamic ecosystem, where effectiveness is evaluated not only by the number of diplomas but by graduates’ adaptability and their ability to create added value in a digital environment (*World Economic Forum*, 2020).

In the context of evaluating positive shifts in vocational education, a study was conducted using a combined methodological approach, integrating quantitative analysis, comparative analysis, and case studies, with the aim of comprehensively examining positive developments in vocational education within the framework of the digital economy and information society.

Quantitative analysis was applied to process data obtained from surveys of 378 learners and 46 teachers, covering multiple regions of Ukraine and various specializations. The survey included questions regarding the use of digital technologies in the learning process, the level of digital competencies, participation in internships, and the assessment of educational program effectiveness. Statistical processing included calculating frequencies, percentages, averages, and correlations between variables, allowing key trends and interrelations to be identified.

Comparative analysis was used to juxtapose national practice with international standards and recommendations from the EU and OECD. Key data sources included statistical reports of international organizations, official documents of the European Digital Competence Framework (DigComp), the Digital Europe Programme, OECD reports (Education at a Glance), as well as results of national initiatives such as Diia.Education and data on the creation of digital hubs in colleges. This allowed for an assessment of the effectiveness of implemented changes and identification of gaps compared to international practice.

Case studies were applied for in-depth analysis of individual educational institutions where innovative approaches were implemented: use of VR/AR laboratories, modular programs, micro-credentials, and dual education models. This approach made it possible to reveal practical results of digitalization, assess its impact on student motivation, development of digital competencies, and graduates’ readiness to work in a high-tech environment.

For systematization and clarity of the study results, the main criteria for evaluating positive shifts in vocational education were identified (Table 1).

*Table 1. Criteria for Evaluating Positive Shifts in Vocational Education*

No.	Criteria for Evaluating Positive Shifts	Examples / Components
1	Integration of Digital Technologies into the Learning Process	Online platforms, distance learning, VR/AR
2	Modernization of Educational Programs	Flexible modules, STEM and IT specializations
3	Collaboration with IT Companies and Business	Industrial internships, joint projects
4	Professional Development of Teachers	Digital technologies, media literacy, digital competencies

Thus, the research methodology combined quantitative analysis, comparative research, and case studies, allowing for the assessment of both general development trends and specific outcomes of innovation implementation in vocational education, providing a comprehensive and representative analysis of the current state and future prospects of workforce training for the digital economy.

Within the framework of the study, surveys and observations were conducted among students and teachers of vocational education institutions to evaluate the implementation of positive changes in the vocational education system in the context of the digital economy and information society. Data analysis allows for identifying the main trends characterizing the modernization of the educational process and its impact on the quality of specialist training.

*1. Integration of Digital Technologies into the Learning Process.* The implementation of online platforms, distance learning, and VR/AR technologies is one of the key changes. The survey showed

that 82% of students actively use online platforms for completing practical tasks, and 76% of teachers assess their effectiveness as high or very high. Observations revealed that 45% of practical laboratory sessions are now conducted using VR simulators or virtual learning environments, significantly enhancing the level of practical training without additional material costs.

The survey also demonstrated that students note improved accessibility of learning materials and the ability to work at their own pace: 58% of students stated that digital tools allow them to master the material more deeply compared to traditional classes. Teachers emphasized the importance of interactive elements: 71% of respondents believe that VR and AR technologies significantly enhance student motivation and engagement in the learning process (Table 2).

*Table 2. Use of Digital Technologies in the Learning Process (Survey Results)*

Category	Students (n = 378)	Teachers (n = 46)
Actively use online platforms	310 (82%)	35 (76%)
VR/AR in practical lessons	246 (65%)	33 (71%)
Distance learning as the main format	198 (52%)	24 (52%)
Positive impact on motivation	220 (58%)	33 (72%)

2. *The development of digital competencies among students and teachers* is a key factor in the modernization of education. The survey showed that 67% of students believe their digital skills have significantly improved over the past two years, while 74% of teachers reported an increase in their digital literacy after participating in training on VR/AR, LMS, and educational platforms.

The practice of integrating digital skills into professional disciplines proved particularly effective. For example, future construction specialists master BIM technologies, agricultural students learn remote management of IoT sensors, and IT students develop and manage databases in cloud environments. 59% of students confirmed that these skills are directly applied during practical internships, positively impacting their readiness for real-world work.

3. *Modernization of educational programs.* Changes in educational programs include the introduction of flexible modules, STEM, and IT specializations, allowing the learning process to be rapidly adapted to labor market requirements. The survey showed that 71% of students consider the programs modern and aligned with the needs of the digital economy. Among teachers, 78% noted that the modular program structure improves the efficiency of planning and teaching.

The introduction of micro-credentials has become an additional adaptation tool: 64% of students received certificates for specific digital skills during the past academic year, directly enhancing their competitiveness in the labor market.

4. *Collaboration with businesses and industrial internships* has become an important component of practical training. The survey showed that 69% of students completed internships at partner companies, while 83% of teachers highlighted the effectiveness of this approach in integrating practical digital skills.

Comparative analysis showed that students who completed internships rated their readiness for work in a company at an average score of 4.2/5, while students without internships rated themselves at 3.1/5 (Table 3).

*Table 3. The Impact of Internships and Business Collaboration on Work Readiness*

Indicator	Students with Internships	Students without Internships
Average Work Readiness Score	4.2/5	3.1/5
Use of Digital Tools in Practice	85%	47%
Perceived Benefit for Professional Development	88%	52%

5. *Analysis of Effectiveness and Impact on the Quality of Vocational Training.* The analysis of the collected data showed that the integration of digital technologies and the modernization of educational programs positively influenced the level of students' practical training. 76% of surveyed students reported improved understanding of professional processes, while 71% of teachers noted an increase in students' success in using digital tools.

Flexible modules and micro-credentials proved especially effective, allowing students to quickly acquire relevant digital competencies without waiting for the completion of the full educational cycle. This contributes to greater adaptability of graduates and their ability to integrate into professional environments.

6. *Challenges and Limitations of Implementing Changes.* Despite positive shifts, significant challenges remain: the digital divide between urban and rural educational institutions limits access to modern technologies and online resources; insufficient digital competence among teachers – 26% of surveyed instructors feel the need for additional training to work with VR/AR and LMS; material and technical constraints – about 31% of institutions have outdated equipment, preventing full implementation of digital methods; lack of integration with business in some regions – 18% of students had no access to internships or partner programs in their region.

Thus, despite noticeable progress in implementing digital technologies and modernizing educational programs, achieving a high level of graduate readiness for the digital economy requires additional investment in infrastructure, teacher training, and expansion of partnerships with business and international educational organizations.

The conducted research allows us to state that vocational education in the context of the digital economy and information society is undergoing profound transformation. Digitalization has ceased to be merely an auxiliary learning tool and has become a fundamental condition for developing a competitive specialist (Bazyl et al., 2024b; Жук, 2024). A key conclusion is that the success of educational reforms today is determined not only by the presence of modern computer equipment but primarily by the depth of integration of digital competencies into professional standards, the system's ability to adapt to the demands of a dynamic labor market, and the readiness of teaching staff to apply innovative technologies (*European Commission*, 2022; Hurzhii, & Pryhodii, 2025).

Analysis of surveys and observations of 378 students and 46 teachers confirmed that the most effective positive shifts are: the implementation of the dual education model with a focus on IT competencies, ensuring practical acquisition of digital tools at the workplace; the use of cloud learning environments and LMS, which increases accessibility of materials and enables personalized educational trajectories; and the integration of micro-credentials and flexible modules, which allow rapid updating of knowledge and competencies in response to new technological demands (Ghosh, & Ravichandran, 2024; Гуржій та ін., 2025). These measures contribute to higher employability of graduates and enhance their capacity to work productively in conditions of high-tech uncertainty (*OECD*, 2025; Țarcă et al., 2024).

Based on the results obtained, we propose the following recommendations for key stakeholders in the educational process.

For government policy and educational institutions, several priorities should be emphasized. First, the implementation of unified digital platforms, including the creation of a national LMS ecosystem, which allows for the consolidation of learning resources, ensures transparency in assessment, and provides students with access to certified digital materials (*Дія.Освіта*, н.д.; *European Commission*, 2021). Second, regular updates of curricula are necessary, at least every two years, with mandatory involvement of representatives from the technology sector; priority should be given to transversal digital competencies and soft skills. Third, systematic professional development for educators, including training in VR/AR, gamification of learning, digital mentoring, and data management, ensures the effective implementation of innovations in the educational process (Pryhodii et al., 2025; Hetmańczyk, 2024).

For business and labor market integration, two key directions are important. The creation of joint competence centers, including “advanced learning” laboratories, allows students to master technologies that are only being introduced in production and fosters closer interaction between education and industry (Cai, & Lattu, 2022; Carayannis et al., 2012). Validation of non-formal education ensures recognition of learning outcomes gained through massive online courses (MOOCs) and certification programs within professional standards, enhancing graduates' mobility and competitiveness (Radkevych, & Pryhodii, 2025; Xu et al., 2024).

Future research prospects include analyzing the impact of artificial intelligence on the structure of professional qualifications, developing models for forecasting labor market needs in the context of automation, and examining the ethical aspects of data usage and cybersecurity in digital educational ecosystems (OECD, 2024b; Radkevych et al., 2025).

Thus, vocational education becomes a dynamic ecosystem, where innovative methodologies, digital competencies, and close interaction with the labor market determine the effectiveness of preparing future specialists and the competitiveness of graduates in the global market.

## References:

1. BAZYL, L., NESTORENKO, T., ORLOV, V., & OSTENDA, A. (2024a). Entrepreneurial education from the perspectives of self-determination and self-development for future engineers. *Zeszyty Naukowe WST*, 18, 85-102. <https://doi.org/10.54264/0090>.
2. BAZYL, L., ORLOV, V., & PRYHODII, M. (2024b). Professional development of vocational teachers in the context of society digitalization. In O. Blaha & I. Ostopolets (Eds.), *Exploring the digital landscape: Interdisciplinary perspectives* (pp. 796-818). University of Technology in Katowice Press. <http://www.lib.iitta.gov.ua/id/eprint/741638>.
3. BAZYL, L., OSTENDA, A., PELIOVA, J., ORLOV, V., & NESTORENKO, T. (2023). Self-realization in entrepreneurship of future engineering specialists. *Professional Pedagogics*, 27 (2), 206-216. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.27.206-216>.
4. CAI, Y., & LATTU, A. (2022). Triple Helix or Quadruple Helix: Which model of innovation to choose for empirical studies? *Minerva*, 60, 257-280. <https://doi.org/10.1007/s11024-021-09453-6>.
5. CARAYANNIS, E. G., BARTH, T. D., & CAMPBELL, D. F. J. (2012). The quintuple helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1, 2. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>.
6. ĐORĐEVIĆ, B., MILANOVIĆ ZBILJIĆ, S., & RADOSAVLJEVIĆ, M. (2025). Impact of the digital skills on employability: Cross-sectional analysis. *Economies*, 13 (7), 196. <https://doi.org/10.3390/economies13070196>.
7. European Commission. (2021). Digital Europe Programme. <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/about/digital-europe-programme>.
8. European Commission. (2022). The Digital Competence Framework for Citizens (DigComp 3.0). Joint Research Centre. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/education-and-training/digital-transformation-education/digital-competence-framework-digcomp\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/education-and-training/digital-transformation-education/digital-competence-framework-digcomp_en).
9. European Commission. (2026). Education, digital skills and digital learning. <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/education-digital-skills-and-digital-learning-0>.
10. GHOSH, L., & RAVICHANDRAN, R. (2024). Emerging Technologies in Vocational Education and Training. *Journal of Digital Learning and Education*, 4 (1), 41-49. <https://doi.org/10.52562/jdle.v4i1.975>.
11. HURZHII, A. N., & PRYHODII, M. (2025). Peculiarities of using digital platforms for professional training of skilled workers in the engineering industry. In V. Radkevych & M. Pryhodi (Eds.), *Scientific and methodological support for the development of vocational education: Monograph* (pp. 232-249). University of Technology in Katowice Press. <http://www.lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745530>.
12. HETMAŃCZYK, P. (2024). Digitalization and its impact on labour market and education: Selected aspects. *Education and Information Technologies*, 29, 11119-11134. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12203-8>.
13. OECD. (2023). Digital skills and digital inclusion: Briefing note. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/cfe/oecd-city-network-on-jobs-and-skills/Briefing-note-Digital-skills-and-digital-inclusion.pdf>.

14. *OECD*. (2024a). *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening connectivity, innovation and trust*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3adf705b-en>.
15. *OECD*. (2024b). *OECD Digital Economy Outlook 2024: Skills for the digital age*. OECD Publishing. [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-2\\_3adf705b-en/full-report/skills-for-the-digital-age\\_da6162fb.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-2_3adf705b-en/full-report/skills-for-the-digital-age_da6162fb.html).
16. *OECD*. (2025). *OECD Skills Outlook 2025: Skills for a changing world*. OECD Publishing. [https://www.oecd.org/en/publications/2025/12/oecd-skills-outlook-2025\\_ac37c7d4.html](https://www.oecd.org/en/publications/2025/12/oecd-skills-outlook-2025_ac37c7d4.html).
17. OSTENDA, A., NESTORENKO, T., & ZHIHIR, A. (2018). What do students think of the education curriculum? Case of Katowice School of Technology. In *International relations 2018: Current issues of world economy and politics* (Proceedings of the 19th International Scientific Conference, Smolenice Castle, November 29-30, 2018) (pp. 582-589). University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Publishing Ekonóm. <http://www.cutt.ly/mYcCDFC>.
18. PRYHODII, M., BAZYL, L., & ORLOV, V. (2025). The modern worker in the context of Industry 5.0: Balancing human, technology, and sustainable development. *Scientific Journals of the University of Technology in Katowice*, 21, 153-168. <https://doi.org/10.54264/0138>.
19. RADKEYVYCH, O., PRYHODII, M., & RADKEYVYCH, V. (2025). Artificial intelligence use in assessing the learning outcomes of future engineers. In M. E. Auer & T. Rüütmann (Eds.), *Futureproofing engineering education for global responsibility* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 1260, pp. 557-564). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-85652-5\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-031-85652-5_55).
20. RADKEYVYCH, V., & PRYHODII, M. (2025). Digital transformation of vocational education in Ukraine: realities, challenges and prospects. *Edukacja Zawodowa I Ustawiczna*, (9), 385-397. <https://doi.org/10.71358/ezu.2220>.
21. ȚARCĂ, V., LUCA, F.-A., & ȚARCĂ, E. (2024). The digital edge: Skills that matter in the European labour market after COVID-19. *Economies*, 12 (10), 273. <https://doi.org/10.3390/economies12100273>.
22. TEE, P. K., WONG, L. C., DADA, M., SONG, B. L., & NG, C. P. (2024). Demand for digital skills, skill gaps and graduate employability: Evidence from employers in Malaysia (Version 1). *F1000Research*, 13, 389. <https://doi.org/10.12688/f1000research.148514.1>.
23. *World Economic Forum*. (2020). *Schools of the future: Defining new models of education for the Fourth Industrial Revolution*. <https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution/>.
24. XU, J., JIANG, T., WEI, M., & QING, Z. (2024). The digital transformation of vocational education: Experience and reflections of Shenzhen Polytechnic University. *Vocation, Technology & Education*, 1 (1), 1-12. <https://doi.org/10.54844/vte.2024.0522>.
25. ГУРЖІЙ, А. М., ПРИГОДІЙ, М. А., & ЗАЙЧУК, В. О. (2025). Цифрові бейджі та мікрокваліфікації – інноваційні інструменти у системі цифровізації професійної освіти. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems*, 77, 29-39. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-77-29-39>.
26. *Дія.Освіта*. (н.д.). *Офіційна платформа цифрової освіти та розвитку навичок*. <https://osvita.diia.gov.ua/>.
27. ЖУК, М. В. (2024). Українська освіта у вимірі реалізації Освіти 4.0 (огляд ресурсів та напрямів транзитив сучасних рішень). *Академічні студії. Серія «Педагогіка»*, (4), 9-16. <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2024.4.2>.

## 2.2. AI-ENHANCED PUBLIC VALUE MANAGEMENT IN HEALTHCARE: FROM FUZZY TRIAGE TO MULTI-CRITERIA POLICY OPTIMIZATION

**Introduction.** Healthcare organisations are under immense pressure due to factors such as an ageing population, shifts in patterns of illness, budgetary constraints, and increasing demands from citizens. Public, and statutory healthcare organisations have a responsibility to their users to ensure that they are run in a fair, efficient manner that delivers access, quality and legitimacy to citizens. Evaluating performance in healthcare therefore requires an organisational perspective on public value creation, moving the focus on from cost saving to consideration of wider social outcomes.

Artificial intelligence is increasingly being implemented in public management. To make the most out of the available wealth of data, machine learning methods, fuzzy systems, simulation models and decision support systems can be useful. Yet, in public management, some characteristics of decisions cannot be fully left to the artificial intelligence. Also, in case of errors, pure automation comes with a host of normative issues. Explainable and accountable models of artificial intelligence therefore have a special relevance in the health domain.

In this paper, we provide a unified perspective on the use of artificial intelligence (AI) in public value management in healthcare, addressing two different decision scenarios. The first refers to the short, nearly critical, decision scenario related to triage in emergency departments, aiming to save as many lives as possible. The second scenario refers to long-run decision-making for control of tobacco consumption, weighing the expected utility of using AI against the public value of different scenarios at different moments in time (Chwał et al., 2025).

**Public value in healthcare management.** Public value was first identified by Moore in 1995. From a societal perspective, value to society comes from institutions. From the perspective of the healthcare sector, value means several things: patient safety, effective treatment, short waiting times, equal access, citizen satisfaction, safe healthcare institutions, and prudent use of money.

Common indicators in healthcare management inspired by business administration are efficiency indicators such as occupancy, throughput and costs. However, these indicators are not sufficient. A hospital can succeed in reducing waiting time averagely, while discriminating against patients with high needs of healthcare. A government can cut the costs of anti-smoking policies while reducing their effectiveness for smoking prevalence. To meet these higher challenges a multidimensional perspective on public value is needed. This paper applies such a perspective on public value to six case studies. Three aspects of public value are considered for each case. For the cases related to the health sector these aspects are quality, distribution and empowerment. For the cases related to the regulation of tobacco consumption these aspects are effectiveness, inclusiveness and accountability. Public value is assessed for each of the case studies (Bryson et al., 2014).

Healthcare managers are in need of performance indicators that measure performance on both activity and legitimacy. AI can turn healthcare managers into powerful tools for professional judgment, consistent decision-making and evidence-based management.

**AI in emergency department triage.** Emergency departments are characterized by uncertainty, overcrowding, time pressure and limited resources (*Agency for Healthcare Research and Quality [AHRQ]*, 2023). In very busy periods, established triage protocols may become less reliable or overly inflexible; under these circumstances, triagers must quickly make a decision taking account of a patient's condition, wait time and departmental resources.

The clinical decision-making process in pain management can be addressed using fuzzy logic, a approach to real-world problem-solving which realistically acknowledges and copes with uncertainty. Unlike binary true/false or right/wrong decision-making, this approach uses linguistic variables (such as low pain, moderate instability, long waiting time for treatment) which are quantified as a continuous priority score. The rules used in the fuzzy-expert were linguistically meaningful and were derived from explicit learning experiments.

A fuzzy triage model could be based on three simple parameters. The age of the triaged person, the extent of injuries upon the person, and whether or not the person has a medical condition could be used.

- physiological stability,
- pain intensity,
- waiting time since arrival.

Illustrative rules include:

- If stability itself is unstable, then priority becomes everything.
- Priority high when pain levels are severe and wait is long.
- Stability is good, symptoms are mild. Thus priority for this issue is moderate.

Management benefits include: Reducing under-triage of severe patients; Increasing shift to shift consistency; Auditing clinical decision making; and Real-time management of patient queues in normal and crisis situations (e.g. a pandemic) (Banasik et al., 2025).

Our goal is to enhance, not supersede, clinical decision-making by providing data-driven, informative, and interpretable insights to physicians and patients alike.

**AI in public health policy optimization.** The scope of strategic healthcare management decisions extends beyond the individual patient to the population as a whole. What are the health implications of tobacco use, the biggest single preventable cause of death worldwide (*World Health Organization, 2024*)? Governments that choose to control tobacco use make a series of trade-offs, for example through taxation, education campaigns, smoking bans and other support for smokers' attempts to cease use of the substance.

A large tax increase may get spent by consumers simply in higher prices of sugar-sweetened beverages, may be very politically costly. A sales ban is more likely to be effective in reducing consumption of sugar in the sweetened beverage sector but could lead to substantial illicit markets. Well-designed educational campaigns are socially preferred but take a longer time to reach full impact. The policy choice therefore requires a combination of epidemiological forecasting and a multi-criteria assessment.

The model is set up as a compartmental population model, with three behavioural groups: current smokers, quitters and ever users of vapour products and users of other nicotine products. The results of different policy scenarios are presented in terms of prevalence reduction, increase in level of successful quitting and decrease in 5- and 10-year relative risk of diseases.

The obtained results are evaluated using Multi-MOORA, a multi-criteria decision-making approach.

- reduction of smoking prevalence,
- implementation feasibility,
- budget impact,
- social acceptance,
- equity effects,
- long-term sustainability.

The method enables to present the technical forecast in the form of clear policy rankings, which facilitates to present the results for decision makers, and enables to compare different scenarios, to openly discuss assumptions and priorities (Chwał et al., 2026).

- Integrated Data–Value Framework
- Develop ways to organise and prioritise triage activities so that the most critical cases are dealt with first.

- Transformation: data | information | knowledge | decision | public value

In emergency care:

- patient symptoms become data,
- triage inputs become information,
- priority scores become knowledge,
- queue decisions generate value through safer treatment.

In tobacco control:

- prevalence statistics become data,
- simulations become information,
- scenario rankings become knowledge,
- policy choices create value through healthier populations.

While “artificial intelligence” gives a somewhat impressionable connotation in that it refers to AI as a transformer between different stages, more value actually derives from the institutions around it that garner public trust as well as maintain proper governance and professional standards (Lim et al., 2018).

**Governance, ethics, and trust.** For public sector organisations, it is crucial that the development and use of AI is within the bounds of law and ethics. In healthcare, this will translate into appropriate data protection measures, an adequate understanding of the decision-making process of artificial intelligence, the avoidance of bias and accountability for decisions made by these systems.

For a deployed model consideration should be given as to how it can be explained even if it has high accuracy. Such that even though it may correctly classify users, staff may still reject it for being unfair or, worse, opaque. However, as opposed to traditional approaches that are purely based on artificial neural network methods, fuzzy systems and multi-criteria decision making methods have advantages in terms of fairness and transparency. The rules can be easily inspected and modified and the weights assigned to the criteria as well as their ranking can be clearly seen.

Although the system requires human input and decision at both a clinical and policy level, it can generate recommended actions for doctors and managers to consider and make a decision on. However, these recommended actions can be overridden by those with the relevant expertise and knowledge.

**Discussion.** Analysing operational and strategic health governance decisions shows which governance challenges at which level need most attention. These governance challenges have to strike the right balance between effectiveness and legitimacy, deal with a lot of uncertainty and could greatly benefit from high quality structured analysis.

It is better for health practitioners to select a few interoperable decision-support tools rather than individual tools. For example, a hospital might select tools for patient-flow analytics, triage, staffing optimisation and public reporting in the form of a dashboard. Governments might select tools for epidemiological forecasting, and MCDA-based platforms for development of policies, and for analysis of the potential impact of behaviour (e.g. from social media).

Contrary to common wisdom, the major managerial insight from our work on the adoption of AI software is not about the software itself, but rather about capability building – acquiring the competencies needed to successfully use the software, including data literacy, effective cross disciplinary teaming, able ethical review processes, and supportive leadership.

**Conclusions.** The implementation of public value management utilizing AI has the potential to reap numerous benefits for today’s healthcare systems. Managing the governance of explainable artificial intelligence (AI) can enhance the real-time operational management in the emergency department and strategic public health policy-making.

For triage, fuzzy models make decision making for high pressure situations, under presence of congestion, fair, consistent and efficient. For assessing the potential of scenarios with tobacco-control measures, multi-criteria optimization allows for a rational evaluation of competing strategies with respect to all relevant criteria, taking feasibility and trustworthiness into account. Even for applications with high social relevance, technological progress should not be directed only towards increasing public efficiency, but also towards enhancing public values.

The approach should be scaled up and tested on large-scale hospital data and on simulated national scenarios to inform research with ordinary citizens about the appropriate role for AI in health governance. In the long run, it is also important that the predictive capabilities of the approach are matched by legitimacy, accountability, and interpretability, and that systems are designed with humanity uppermost in mind.

## References:

1. AFROOGH, S., AKBARI, A., MALONE, E., KAMSIN, A., & GHAPANCHI, A. H. (2024). Trust in AI: Progress, challenges, and future directions. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 1568.
2. *Agency for Healthcare Research and Quality*. (2023). Emergency Severity Index implementation handbook. U.S. Department of Health and Human Services.
3. BANASIK, A., CHWAŁ, J., DZIK, R., PIOTROWSKI, K., WAWRYSZCZUK, M., ZAPOTOCZNY, M., PLES, M., & TKACZ, E. (2025). A fuzzy logic-based triage system for emergency department prioritization. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 234, 9-21.
4. BRYSON, J. M., CROSBY, B. C., & BLOOMBERG, L. (2014). Public value governance: Moving beyond traditional public administration. *Public Administration Review*, 74 (4), 445-456.
5. CHWAŁ, J., DZIK, R., BANASIK, A., PIOTROWSKI, K., WAWRYSZCZUK, M., ZAPOTOCZNY, M., KEMPA, W. M., PIKIEWICZ, P., & TKACZ, E. (2025). Modeling the impact of tobacco control policies on smoking prevalence: A dynamic SIQ+P+E+H+X framework. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 234, 69-89.
6. CHWAŁ, J., BANASIK, A., DZIK, R., & TKACZ, E. (2026). Optimizing smoking cessation alternatives using Multi-MOORA and AI-based methods. In *Communications in Computer and Information Science* (pp. 407-419). Springer.
7. DAVENPORT, T. H., & RONANKI, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96 (1), 108-116.
8. *European Commission*. (2020). White paper on artificial intelligence: A European approach to excellence and trust.
9. HAFEZALKOTOB, A., HAFEZALKOTOB, A., LIAO, H., & HERRERA, F. (2019). An overview of MULTIMOORA for multi-criteria decision-making: Theory, developments, applications, and challenges. *Information Fusion*, 51, 145-177.
10. LIM, C., KIM, K.-H., KIM, M.-J., HEO, J.-Y., KIM, K.-J., & MAGLIO, P. P. (2018). From data to value: A nine-factor framework for data-based value creation in information-intensive services. *International Journal of Information Management*, 39, 121-135.
11. MAMDANI, E. H., & ASSILIAN, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7 (1), 1-13.
12. MOORE, M. H. (1995). *Creating public value: Strategic management in government*. Harvard University Press.
13. PORTER, M. E. (2010). What is value in health care? *New England Journal of Medicine*, 363 (26), 2477-2481.
14. RUSSELL, S., & NORVIG, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
15. *World Health Organization*. (2024). Global tobacco report 2024. WHO.
16. ZADEH, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.

### 2.3. DIGITAL TRANSFORMATION OF FINANCIAL MANAGEMENT SYSTEMS WITH THE INVOLVEMENT OF INNOVATIVE TOOLS

**Introduction.** Financial management has long relied on a regulated cycle: primary document, accounting, reconciliation, report, budget, deviation control. Such a scheme provided order, but often left managers with late information. An enterprise could have correct reporting and still lose time in liquidity planning, margin assessment, inventory management, receivables or currency risk. Digital transformation changes the place of the financial function: it moves closer to operational data, to modeling development options, to assessing the consequences of management actions until the moment of the appearance of an accounting fact. This transition cannot be described as a purchase of software. A cloud ERP system, planning module, RPA scenario or artificial intelligence model is valuable if there are common guides, the same rules for recognizing income and expenses, protected data channels, responsible process owners, trained employees. Without this foundation, innovative tools transfer old mistakes to the digital environment. Therefore, the focus of the study is not technology as a subject of procurement, but a change in the method of financial management. World practice confirms that digital tools are already part of the basis of management processes. The OECD in its Digital Economy Outlook 2024 report notes that cloud technologies and 5G have spread quite noticeably, but data-dependent tools, in particular artificial intelligence, are used more slowly and are concentrated in large companies and certain sectors (*OECD*, 2024, p. 100-103). For financial management, this is an important conclusion that technology does not have the same effect in every organization. The result depends on the scale of data, process maturity, specialist skills, risk appetite and management culture. In the European business environment, the digitalization of enterprises has a noticeable gap between large businesses and small and medium-sized enterprises. Eurostat notes that in 2023, 59% of EU enterprises reached the basic level of digital intensity, among SMEs – 58%, among large enterprises – 91% (*Eurostat*, 2025). In 2023, cloud services were purchased by 45% of EU enterprises; among large companies, this figure was 78%, among SMEs – 44% (*Eurostat*, 2025). In 2024, more than 13 % of EU enterprises used artificial intelligence technologies; among large enterprises – 41%, among SMEs – 13% (*IFAC & ACCA*, 2019). These data show that the digital transformation of financial management depends on uneven access to resources, competencies and willingness to change internal procedures.

*The aim* of the article is to substantiate the content of the digital transformation of the financial management system with the involvement of innovative tools and determining the conditions under which these tools form management value.

To achieve the goal, the following **tasks** were set: to clarify the content of the digital transformation of financial management; to identify tools that affect planning, accounting, control, analytics and risk management; to summarize real statistical data on the digitalization of enterprises and payment infrastructure; to identify the risks of implementing innovative tools; to propose a sequence of actions for modernizing financial management.

**Main material.** The digital transformation of financial management begins with data. The traditional model often divides data into departments: accounting keeps records, the treasury controls payments, the planning and economic service prepares the budget, sales works with CRM, and the warehouse with the inventory system. Gaps between systems create delays, duplication, manual file transfer, different versions of planned and actual indicators. In such an environment, a financial analyst spends time not on analysis, but on checking sources. The digital model attempts to remove this fragmentation. It relies on a single chart of accounts, counterparty directories, product nomenclature, cost centers, period-closing rules, access system, and change log. Each number in a management report must have a provenance: from which document it is taken, who approved it, according to which rule it is aggregated, what status it has in the control system. This reduces the margin for error and creates the basis for automation.

ACCA and IFAC, in their joint vision of the future finance function, emphasize that the digitalization of finance and accounting reduces human costs for data entry, reconciliation, data manipulation, and traditional reporting cycles (*IFAC & ACCA*, 2019, p. 16). They also state that

the finance function should combine talents, skills, and technology to improve efficiency and management role (*IFAC & ACCA, 2019, p. 15*). Therefore, an innovative tool in finance should be evaluated not by its name, but by what part of the financial cycle it shortens, what error it eliminates, what risk it detects, what management action it supports.

The most common core of digital transformation is the ERP system. It combines financial accounting, management accounting, procurement, sales, warehouse, production, fixed assets, payroll, contracts and payments. For financial management, ERP has three main effects. The first is accounting: reducing the number of manual operations, control of directories, automatic generation of postings. The second is management: data from operational processes enters the financial model without lengthy manual transfer. The third is control: the system leaves a trace of actions, which is important for internal audit. Cloud ERP and EPM solutions add the ability to work with planning in a single environment. The budget of income and expenses, the budget of cash flows, the forecast of the balance sheet, the scenarios of sales, the plan of capital investments, the forecast of purchases and limits of expenses are combined with actual data. KPMG in the material on digital acceleration in finance allocates among digital means cloud ERP/EPM-solutions, data management, robotic process automation, artificial intelligence, machine learning, visualization and advanced analytics (*KPMG, 2023, p. 1*). Such a set of tools allows the finance department to move from the description of past operations to work with scenarios.

Robotic process automation is suitable for stable repetitive actions: downloading bank statements, reconciling accounts, checking details, generating standard reports, comparing invoices and orders, preparing reminders to debtors. RPA does not replace the financial specialist, but it takes away operations where human participation adds little value. At the same time, RPA has a risk: if the process is poorly described or the data source is unstable, the robot will repeat the error systematically. Therefore, the implementation of RPA should begin with a description of the process, a list of exceptions and escalation rules. Artificial intelligence and machine learning have higher requirements for data. They are used to forecast cash flows, detect atypical payments, assess credit risk, analyze customer behavior, forecast demand, assess the probability of overdue payments, analyze contracts and invoices, and prepare management explanations for deviations. BCG in 2024 notes that about 15% of companies are actively piloting or implementing GenAI in the finance function, and the potential effect of AI for finance is estimated as 20-40% release of team power and more than 50% increase in forecast accuracy in certain scenarios (*Boston Consulting Group, 2024, p. 2*). These estimates cannot be mechanically transferred to every enterprise. They show the direction: the finance function can have a significant impact where there is quality historical data, described processes, proven models and control of results.

Analytics in finance has several levels. Descriptive analytics explains what happened: revenue, expenses, margin, turnover, liquidity, tax burden, receivables structure. Diagnostic analytics looks for reasons: change prices, assortment, exchange rate, payment terms, customer structure, logistics costs. Predictive analytics estimates future values: sales, cash flows, liquidity reserve, need for a credit line. Prescriptive analytics suggests an option for action: changing the payment schedule, adjusting inventories, reviewing limits, a different financing structure. ACCA in its report on analytics in finance and accounting emphasizes that the CFO and the finance team are moving from historical reports to scenarios and forecasts, and also use not only financial but also non-financial data (*ACCA & Chartered Accountants ANZ, 2020, p. 8, 15*). The same report identifies five areas of analytics development: data management, working with big data, combining financial and digital competencies, supporting management decisions, predictive and prescriptive analytics (*ACCA & Chartered Accountants ANZ, 2020, p. 9*). For a company, this means that the financial manager must understand not only the budget or reporting, but also the origin of the data, the limitations of the model, the forecast error, the scenario nature of the conclusions. Presents selected data on the digital maturity of EU companies and the use of digital tools that directly affect financial management (Table 1).

The data in Table 1 demonstrate two important conclusions. First, the digital transformation of financial management in the EU has a significant asymmetry by enterprise size. Large companies

are more likely to have ERP/EPM environments, their own analytics teams, security procedures, and automation budgets. SMEs are more likely to work with partial solutions: cloud accounting, online banking, CRM, electronic document management, simple BI dashboards. Second, artificial intelligence has not yet become a mass technology for enterprises. This reduces the risk of overestimated expectations and shows that the primary task remains the preparation of data, processes, and personnel. A separate dimension of the digital transformation of financial management is the payment infrastructure. For the enterprise, it affects the speed of collection, payment processing costs, cash transaction control, receivables turnover, sales analytics, fiscalization and customer experience. The Ukrainian example is interesting in that a high level of non-cash transactions is maintained during the war. This creates data for liquidity management and confirms the sustainability of payment services.

*Table 1. EU enterprise digitalization indicators relevant to financial management*

Indicator	Year	Value, %
EU enterprises with a baseline digital intensity level	2023	53
EU SMEs with a baseline digital intensity level	2023	59
EU large enterprises with a baseline digital intensity level	2023	91
EU enterprises that purchased cloud services	2023	45
EU large enterprises that purchased cloud services	2023	78
EU SMEs that purchased cloud services	2023	44
EU enterprises that used AI	2024	13
EU large enterprises that used AI	2024	41
EU SMEs that used AI	2024	13
EU enterprises that trained staff in ICT skills	2024	22

*Source: compiled by the author based on Eurostat data (Eurostat, 2024; Eurostat, 2025)*

The National Bank of Ukraine in its annual report for 2024 provides data on 8654,5 million transactions with payment cards of Ukrainian issuers for the amount of UAH 6577,4 billion (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 127*). Non-cash transactions amounted to 8184,8 million, or 94,6% by volume, and UAH 4243,5 billion, or 64,5 % by amount (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 127*). More than 70% of non-cash card transactions were made in retail chains, and their share in terms of amount was 46,8% (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 128*). In addition, 95,7% of the number and 94,7% of the amount of these transactions were made using contactless payment technologies and NFC (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 128*).

*Table 2. Dynamics of non-cash card transactions in Ukraine*

Indicator	2021	2022	2023
Number of non-cash transactions, mln	7040	7397	8185
Number of cash withdrawal transactions, mln	777	515	469
Amount of non-cash transactions, bln UAH	3099	3980	4243
Amount of cash withdrawal transactions, bln UAH	1993	2161	2334
Share of non-cash transactions by volume	-	-	94,6 %
Share of non-cash transactions by amount	-	-	64,5 %
Share of retail chains in non-cash transactions by volume	-	-	73,4 %
Share of retail networks in non-cash transactions by amount	-	-	46,8 %

*Source: compiled by the author based on NBU data (National Bank of Ukraine, 2025, p. 127-128)*

NBU figures are important for the topic of the article for several reasons. The spread of non-cash transactions provides enterprises with detailed data on the time, amount, channel and type of payment. Financial management receives a basis for analyzing seasonality of sales, average check, frequency of repeat purchases, returns, payment system commissions, gaps between payment and shipment. This changes working capital management: the cash plan can be formed closer to the real flow of funds, and not only on the basis of invoices and contracts. Cashless infrastructure

also strengthens internal control. Card and online payments leave a digital trail that helps to compare sales, payment, fiscal check, shipment and return. For retail, service, e-commerce and logistics enterprises, this opens the way to automatic control of revenue, commissions, acquiring, and account credits. In wartime conditions, stability is also important for Ukraine: the NBU notes that the development of payment infrastructure continued in 2024, the number of payment terminals in the trade and service network increased to 496,6 thousand, of which 97,5% are contactless (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 126*). Along with the benefits, digital tools create new risks. The first risk is an erroneous management decision based on incomplete or incorrect data. If the counterparty directory contains duplicates, contractual terms are entered manually with errors, cost centers do not have the same rules, then the liquidity or margin forecast will be questionable. The second risk is cyber threats. Cloud systems, integrations with banks, APIs, mobile applications, remote access increase the attack surface. The third risk is excessive trust in AI models. A model can offer a convincing conclusion without sufficient basis, amplify existing distortions, and ignore an event that is not present in historical data.

The BIS in its Annual Economic Report 2024 emphasizes that central banks should prepare for the profound impact of artificial intelligence on the economy and financial system (*Bank for International Settlements, 2024*). The OECD also emphasizes that the use of AI should take into account risks to trust, fairness, privacy, and security (*OECD, 2024, p. 47-48*). For a company, this means the need for internal rules for the use of AI: a list of permitted scenarios, a ban on entering confidential data into uncontrolled services, human verification of results, a log of requests and responses, and an assessment of the impact on customers, employees, and partners. Digital financial management requires a new distribution of responsibilities. In the classic model, the finance department was responsible for reporting, cost control, budgeting, and payments. In the digital model, it is also responsible for data methodology: what guides are used, how margins are determined, how management P&L is formed, how discounts, bonuses, returns, and logistics costs are taken into account, and how cost is estimated. The IT department is responsible for system stability, access, integration, and security. The operations department is responsible for the timeliness and accuracy of primary data. Without such a division, digital transformation becomes a collection of disparate technical solutions.

The issue of competencies is becoming no less important than the issue of software. The CGMA Competency Framework 2023 notes that digital skills are needed by financial professionals from basic digital literacy to knowledge in the field of cloud technologies, cybersecurity, data analytics, and digital calculation (*AICPA & CIMA, 2023, p. 4*). This is well consistent with the practice of implementing ERP/EPM and BI: the financier must understand the financial model, data sources, database structure, visualization, algorithm limitations, interpretation risks. For enterprises, a phased modernization of financial management is advisable. The first stage is a data and process audit. It involves a description of data sources, directories, manual operations, places of duplication, errors, delays, risk points. The second stage is standardization of the management model: chart of accounts, cost centers, profit centers, classification of income and expenses, internal reporting rules. The third stage is integration of systems: accounting, bank, warehouse, CRM, procurement, contracts, personnel data. The fourth stage is automation of repetitive operations. The fifth stage is analytics and forecasting. The sixth stage is control of AI models and assessment of the effect. Assessment of the effect should include not only time savings. In financial management, the accuracy of the liquidity forecast, reduction of the period closing time, reduction of the number of manual adjustments, acceleration of the preparation of the management report, reduction of overdue receivables, detection of atypical transactions, accuracy of the budget, speed of preparation of scenarios are important. If the company only calculates the costs of licenses and implementation hours, it loses the managerial dimension of transformation.

Special attention should be paid to budgeting. In the digital model, the budget is not a static document. It should be transformed into a dynamic model, where a change in the exchange rate, price, demand, credit rate, payment term or logistics cost immediately shows the impact on profit, cash flow and the need for financing. The EPM system allows you to work with different scenarios: basic,

pessimistic, investment, crisis. AI and machine learning can help in forecasting, but the final responsibility remains with the financial manager, because the model does not always take into account management constraints, negotiated agreements or regulatory risks.

The treasury function is also changing. ERP integration with banking services makes it possible to automatically receive statements, monitor balances, create a payment calendar, and reconcile payments with contracts and limits. For companies with a large number of payments, this reduces the operational load and strengthens control. At the same time, access to banking APIs requires strict authorization rules, delimitation of innovations, double confirmation of critical payments, backup procedures in case of system failure. Accounts receivable management benefits from analytics. The system can group customers by payment terms, history of overdue payments, debt amount, order frequency, margin, probability of non-return. This helps the finance team to work with priorities rather than with an array of accounts. However, automatic scoring models must be tested. They should not mechanically worsen the conditions for customers if the overdue payment is caused by a technical error, wartime circumstances, bank delay, or other factor that requires a management decision. Internal audit and control receive new tools. Instead of selectively checking documents, it is possible to analyze all transactions according to certain rules: payments during non-working hours, unusual amounts, duplicate accounts, changing counterparty details before payment, transactions outside the approved limit, frequent manual adjustments. Such rules do not cancel the auditor's professional judgment. They give him a broader basis for verification and help to find transactions with increased risk more quickly.

For Ukraine, the digital transformation of financial management has another dimension – the resilience of enterprises in an unstable environment. War, damage to energy infrastructure, migration of workers, currency fluctuations, logistical restrictions, changes in customer payment behavior make planning more difficult. Digital tools do not eliminate these problems, but they make it possible to update the forecast more often, evaluate scenarios, support remote work of financial teams, store data, control payments, conduct reconciliations and prepare reports under conditions of limited access to the office. In the 2024 annual report, the NBU also describes its own implementation of artificial intelligence: in August 2024, a working group was created, experience was exchanged with central banks and the ECB, a draft policy for the responsible use of AI was prepared, and employee training continued (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 162-163*). For enterprises, this example is methodologically important: AI does not begin with mass use, but with policy, competencies, responsibility and application limits. The digital transformation of the financial management system with the involvement of innovative tools has four interconnected planes. The first is technological: ERP, EPM, RPA, BI, AI, ML, API, cloud, electronic document flow, digital payments. The second is methodological: unified rules for accounting, planning, budgeting, control, reporting. The third is organizational: roles, authorities, access, process owners, escalation rules. The fourth is human: digital skills, financial expertise, critical thinking, ethical use of data. If one of the planes is missing, the transformation loses its managerial meaning.

A methodological approach to assessing the digital transformation of financial management should begin with the separation of technology adoption from management change. In many enterprises, digital transformation is measured by the number of implemented systems, purchased licenses, automated reports or dashboards. Such an approach is insufficient for financial management because it does not answer the central question: whether digital tools improve the ability of the enterprise to make financially sound decisions. A more appropriate methodology should evaluate not the technical fact of implementation, but the connection between digital tools, financial processes, data quality, risk control and managerial outcomes. For this purpose, the proposes a methodological model of digital financial management maturity based on five assessment dimensions: data reliability, process integration, analytical depth, decision support and control resilience (Mandych et al., 2023).

These dimensions make it possible to move from a descriptive view of digitalisation to an applied assessment of how financial management actually changes under the influence of digital tools. The first dimension is data reliability. It reflects the extent to which financial and operational

data can be trusted for decision-making. In practice, this dimension includes the completeness of primary data, the absence of duplicated counterparties, correct classification of revenues and costs, timely recording of payments, unified rules for cost centers, and clear responsibility for data entry. Data reliability is the starting point of digital financial management because any algorithm, dashboard or forecast depends on the information base. If sales data, payment terms or inventory balances are incorrect, digital tools will reproduce the same errors at higher speed. Therefore, the assessment should include questions about data ownership, validation rules, audit trails and the frequency of manual corrections. The second dimension is process integration. It shows whether financial processes are connected with operational processes in a single management environment. Financial management cannot work effectively if accounting, sales, procurement, warehouse operations, contracts and payments exist as isolated information areas. Process integration means that an invoice is linked with a contract, payment is linked with a bank statement, revenue is linked with shipment, budget limits are linked with purchase requests, and receivables are linked with customer history. The degree of integration can be evaluated by the number of manual transfers between systems, the presence of common directories, the use of automatic reconciliation, and the ability to trace each financial figure back to its operational source. The third dimension is analytical depth. It characterizes how far the enterprise has moved from historical reporting to financial interpretation and forecasting. At the basic level, analytics answers what happened. At a higher level, it explains why it happened. At an advanced level, it estimates what may happen under different assumptions. In financial management, analytical depth is reflected in the ability to analyze margins by product and channel, forecast cash flows, assess receivables risk, evaluate cost behavior, compare budget scenarios and monitor liquidity under stress conditions. This dimension is especially important because digital transformation loses practical value if dashboards merely reproduce traditional reports in a visually attractive form. A dashboard becomes useful only when it supports a decision. The fourth dimension is decision support. It evaluates whether digital tools help managers choose between alternatives. Financial management is not limited to recording transactions. It is concerned with the distribution of resources, selection of priorities, assessment of profitability, risk acceptance and preservation of liquidity. Therefore, the methodology should examine whether digital systems provide managers with scenario calculations, early warnings, ranked priorities, recommended actions and explanations of deviations. For example, a system that shows overdue receivables is useful, but a system that groups debtors by risk level, expected cash impact and recommended action has a higher management value. The same applies to budgeting, procurement, pricing and investment decisions. The fifth dimension is control resilience. It reflects the ability of the financial management system to prevent, detect and correct errors, fraud risks, unauthorized actions and model failures. Digital transformation increases the speed of operations, but this speed must be accompanied by financial discipline. Control resilience includes segregation of duties, access rights, approval routes, double confirmation of critical payments, change logs, exception reports, backup procedures, cybersecurity measures and human review of AI-generated outputs. In this dimension, the enterprise evaluates not only whether controls exist, but whether they are embedded into the digital process. A control that operates after the fact has lower value than a control that prevents a risky transaction at the point of execution.

The proposed methodology can be applied through a maturity matrix with four levels. The first level is manual-digital coexistence. At this stage, the enterprise uses separate digital tools, but financial processes still depend heavily on spreadsheets, emails and manual reconciliation. The second level is process standardization. The enterprise introduces common rules for data, documents, cost centers, payments and reporting. Digital tools start to support regular financial procedures. The third level is integrated financial management. Systems exchange data, dashboards are connected with operational sources, and financial managers work with updated information rather than delayed reports. The fourth level is predictive and controlled management. The enterprise uses forecasting, scenario analysis, automated warnings and advanced analytics, while maintaining strong human oversight and risk controls. Such a matrix should not be used as a formal ranking exercise. Its purpose is diagnostic. It helps identify where the financial management system loses time, where data are unreliable, where manual work remains excessive, and where digital tools do not yet

influence decisions. For example, an enterprise may have a modern ERP system but remain at a low level of analytical maturity if it uses the system mainly for accounting entries. Another enterprise may use fewer tools, but achieve stronger management value if its data, reports and decisions are well connected. The methodology also requires the selection of performance measures for each dimension. For data reliability, the enterprise can measure the share of corrected entries, duplicated records, missing fields and manual adjustments. For process integration, it can measure the number of manual transfers, average reconciliation time and the share of automatically matched transactions. For analytical depth, relevant measures include forecast error, budget deviation analysis time, frequency of scenario updates and the use of non-financial data in reports. For decision support, measures may include the time needed to prepare a management decision, the number of decisions supported by scenario analysis and the financial effect of selected alternatives. For control resilience, measures include detected exceptions, unauthorized access attempts, delayed approvals, payment errors and the frequency of model review. An important advantage of this methodology is that it links digital transformation with the financial result without reducing everything to direct cost savings. Some digital investments may not immediately reduce expenses, but they can strengthen liquidity planning, reduce the probability of payment errors, improve the accuracy of forecasts or help detect risks earlier. In financial management, such effects are often more important than a simple reduction of administrative costs. For this reason, digital transformation should be evaluated through a combination of financial, process and risk indicators. The proposed approach also helps determine the order of modernization. Enterprises do not need to introduce all digital tools at once. The first priority should be given to processes with high financial impact and high manual workload: payment calendar, accounts receivable control, budget monitoring, bank reconciliation, management reporting and cash-flow forecasting. After these areas become stable, the enterprise can expand analytics, introduce predictive models and test AI-based tools. This sequence reduces implementation risk and prevents the situation in which advanced technologies are placed on weak data foundations.

The methodological assessment of digital financial management should combine maturity analysis, process diagnostics and performance measurement. Its value lies in the ability to show whether digital transformation changes the financial behavior of the enterprise. If data become more reliable, processes become connected, analytics becomes forward-looking, decisions become better supported, and controls become stronger, digital transformation gains real managerial content. If these changes do not occur, technology remains an external attribute rather than a source of financial management development.

**Conclusions.** The digital transformation of financial management is a transition from a periodic description of past operations to management based on data, scenarios, forecasts and risk control. Its content is not limited to the automation of accounting procedures. It changes the place of the financial function in the enterprise: the financier becomes a participant in planning, assessing future decisions, liquidity management, data control and risks. Innovative tools – ERP/EPM, RPA, BI, AI, ML, digital payments – create management value provided that there is orderly data, methodology, competencies and internal control. OECD and Eurostat data confirm the uneven spread of digital technologies: cloud services have wider application, AI is still concentrated mainly in large companies and technologically mature sectors. This reduces the risk of excessive expectations and shows the need for gradual modernization. The Ukrainian payment infrastructure demonstrates high resilience: in 2024, non-cash transactions with payment cards accounted for 94.6% in volume and 64,5% in amount. For financial management, this provides a wider database for revenue control, liquidity management, sales analysis, customer behavior assessment and internal audit. Research should be directed at assessing the economic effect of digital tools in the financial management of Ukrainian enterprises by industry: trade, manufacturing, services, logistics, agribusiness. Special attention should be paid to methods for measuring the payback of ERP/EPM, the effect of RPA, the accuracy of AI forecasts, cybersecurity risks, and the changing role of the financial manager.

## References:

1. *ACCA & Chartered Accountants ANZ*. (2020). Analytics in finance and accountancy. [https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA\\_Global/professional-insights/aifaa/CliveWebb.PI-ANALYTICS-FINANCE-ACCOUNTANCY.pdf](https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_Global/professional-insights/aifaa/CliveWebb.PI-ANALYTICS-FINANCE-ACCOUNTANCY.pdf).
2. *AICPA & CIMA*. (2023). CGMA Competency Framework: 2023 edition. <https://assets.ctfassets.net/rb9cdnjh59cm/6y9Yg11nDD3zVGN6zKnepW/73f09b930950218f06aabd2b8fd0415c/cgma-competency-framework-2023-edition.pdf>.
3. *Boston Consulting Group*. (2024). Unlocking potential from AI and GenAI: Finance. <https://www.bcg.com/assets/2024/executive-perspectives-unlocking-impact-from-ai-finance-24oct.pdf>.
4. *Bank for International Settlements*. (2024). Annual Economic Report 2024. <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2024e.htm>.
5. *Eurostat*. (2024). Digitalisation in Europe – 2024 edition: Technology uptake in businesses. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2024>.
6. *Eurostat*. (2025). Digitalisation in Europe – 2025 edition. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2025>.
7. *IFAC & ACCA*. (2019). A vision for the CFO & finance function: From accounting for the balance sheet to accounting for the business and value creation. [https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA\\_Global/professional-insights/Financejourney/IFAC%20A%20vision%20for%20the%20CFO%20and%20finance%20function.pdf](https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_Global/professional-insights/Financejourney/IFAC%20A%20vision%20for%20the%20CFO%20and%20finance%20function.pdf).
8. *KPMG*. (2023). Future of finance: Digital acceleration. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2023/02/future-of-finance-digital-acceleration.pdf>.
9. MANDYCH, O., SKUDLARSKI, J., BABKO, N., BLYZNIUK, O., LYSAK, H., & KOT, O. (2023). Methodological research of financial sector digital transformation trends in banking. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(4(70)), 10-14. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.276408>.
10. *National Bank of Ukraine*. (2025). Annual Report 2024. [https://bank.gov.ua/admin\\_uploads/article/annual\\_report\\_2024\\_eng.pdf](https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/annual_report_2024_eng.pdf).
11. *OECD*. (2024). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.

## **2.4. INNOVATIVE MANAGEMENT AND TRANSFORMATION OF ACCOUNTING AND TAXATION SYSTEMS IN THE DIGITAL ECONOMY**

The development of the modern economy is taking place under the decisive influence of digital technologies, which fundamentally transform the nature of economic activity, management mechanisms, and approaches to the formation of financial information. For Ukraine, these processes are of particular importance, as they are combined with the challenges of wartime, the need for economic recovery, and aspirations for integration into the European space. Under such conditions, innovative management acts not only as a development tool but effectively as a condition for the survival of enterprises, while accounting and taxation systems are being transformed under the influence of digitalization, changing their functional role and content.

The digital economy forms a new paradigm of economic activity, within which information becomes the key resource, and the speed of its processing determines the effectiveness of managerial decision-making. Traditional approaches to accounting are gradually losing their relevance, giving way to integrated digital systems capable of ensuring continuous monitoring, automation, and analytical support for management decisions. In this context, innovative management involves not only the implementation of technologies but also a change in managerial thinking, focused on flexibility, adaptability, and proactive response to changes in the external environment.

In the modern conditions of globalization and rapid development of information and communication technologies, innovation becomes a key factor in economic growth and increasing competitiveness of both individual enterprises and the national economy as a whole. Global practice shows that enterprises that systematically implement innovative solutions gain significant market advantages, improve the efficiency of resource utilization, and are able to adapt more quickly to changes in the economic environment (Chabaniuk et al., 2026). In this context, innovative management acquires strategic importance, as it provides a systematic approach to the creation, implementation, and support of innovation processes.

Innovative management can be defined as a comprehensive system of principles, methods, technologies, and organizational tools aimed at achieving maximum effect from the implementation of innovations in enterprise activities. It includes not only the planning and implementation of new ideas but also the assessment of their economic efficiency, risks, and impact on internal organizational processes. Its purpose is to ensure sustainable development and competitiveness of a business entity, as well as to create conditions for the continuous renewal of the company's resource and intellectual base.

Innovative management involves the systematic integration of the following components: strategic vision of innovation, resource management, organizational culture, personnel development, as well as incentive and reward mechanisms. Strategic vision involves identifying directions of innovative development that correspond to the long-term goals of the enterprise. Resource management includes providing material, technical, financial, and informational support for innovative projects. Organizational culture creates conditions for employees' creative activity and openness to new ideas. Personnel development involves training and preparing staff capable of working effectively in conditions of constant change. Incentive and reward systems motivate employees to actively participate in innovation processes and contribute to the implementation of innovative initiatives.

Of particular importance is the systemic and comprehensive approach to innovative management. Systemicity implies the integration of individual innovation projects into a unified enterprise development strategy, while comprehensiveness involves taking into account all factors influencing the innovation process, including economic, social, and organizational ones. Such integration makes it possible to increase the effectiveness of innovation implementation, reduce the risks of failure, and ensure maximum return from the use of new solutions.

Innovative management also involves the management of knowledge and information flows within an enterprise. Modern enterprises operate in an environment where the volume of information is growing exponentially, and its timely and accurate use determines competitive advantages.

Innovative management ensures the creation of effective channels for knowledge transfer, the formalization of learning processes and experience accumulation, as well as the implementation of tools that enable enterprises to respond quickly to changes in market conditions.

Moreover, innovative management acts as a catalyst for organizational change, forming flexible structures and decision-making mechanisms. It stimulates the development of the enterprise as an adaptive system capable of transforming internal processes in accordance with external challenges and new business environment conditions.

In the context of the digitalization of the economy, the content of innovative management is significantly expanding. While previously it primarily concerned technological or production innovations, today it covers all areas of enterprise activity, including financial accounting and taxation. This is due to the fact that digital technologies penetrate all business processes and transform approaches to information processing. The digital economy is characterized by a high level of use of information resources, process automation, and system integration. Under such conditions, innovative management performs the function of coordinating digital transformations and ensuring their effectiveness.

The digital economy represents a new stage in the development of economic relations, in which information becomes the main resource, and modern digital technologies serve as the key tool for its processing (Chabaniuk et al., 2024). This transition fundamentally changes the principles of enterprise functioning, as information becomes a strategic resource for managerial decision-making, activity planning, and ensuring transparency of financial flows (Ivanchenko et al., 2020). In this context, accounting and taxation systems are undergoing fundamental transformations that determine their ability to adapt to new economic and technological conditions.

Under conditions of digitalization, traditional accounting approaches based on manual data entry and paper-based document circulation are gradually becoming obsolete. The role of the human factor in its traditional sense is decreasing, while automated systems capable of processing large volumes of information, controlling financial flows, and ensuring a high level of data accuracy are coming to the forefront. This allows enterprises to reduce the risks of errors, increase the efficiency of accounting procedures, and obtain timely analytical information for strategic decision-making.

Modern approaches to accounting in the digital economy involve full automation of accounting processes, covering both primary accounting and the aggregation and analysis of data (Gyau et al., 2023). Electronic document management is becoming the norm, ensuring rapid information exchange between structural units of the enterprise, external counterparties, and regulatory authorities. Cloud technologies enable organizations to access information in real time, increasing the mobility of managerial decisions and ensuring continuous control over financial processes (Loboda, & Chabaniuk, 2024). An important component is the integration of accounting systems with external services, which makes it possible to combine financial, managerial, and tax data into a single information ecosystem, optimizing both internal and external information flows.

In the field of taxation, digitalization manifests itself through the introduction of electronic reporting, which significantly simplifies the process of submitting declarations and reduces the administrative burden on taxpayers. The automation of tax control enables government authorities to more effectively detect violations and risks, while the use of analytical systems creates opportunities for forecasting tax revenues and responding promptly to changes in the economy. The development of electronic services for taxpayers increases the transparency of interaction between the state and business, provides access to information in real time, and promotes tax discipline.

In Ukraine, the processes of digitalization of accounting and taxation are actively developing, driven not only by the internal needs of the economy but also by the necessity to harmonize the system with international standards and the requirements of European integration (Bondaruk et al., 2025). This includes the implementation of modern accounting technologies, the development of state information platforms, and the creation of conditions for automated interaction between businesses and government authorities (Bouwman et al., 2018). As a result, enterprises gain the ability to respond

promptly to changes in market conditions, improve the efficiency of resource management, and ensure transparency of financial activities.

The transformation of accounting systems is one of the central directions of economic digitalization and an integral component of modern enterprise management. It involves not only the implementation of new technologies but also changes in the traditional principles of organizing accounting processes, a reconsideration of the role of accountants, and the optimization of managerial decision-making. In the digital economy, accounting ceases to be merely a regulated formality and becomes a strategic tool that ensures operational resource management, forecasting of financial indicators, and support for decision-making at all levels of management.

One of the key areas of transformation is the automation of accounting processes, which ensures a significant reduction in information processing time, minimizes human errors, and improves data accuracy. The use of modern software platforms allows not only the recording of financial transactions but also their analysis in real time, the generation of analytical reports, and support for strategic decision-making by enterprise management. Accounting automation also increases the productivity of accountants, enables them to focus on analytical work, and optimizes enterprise costs related to financial management.

Electronic document management is another important aspect of transformation, allowing the abandonment of paper-based media and ensuring fast and secure information exchange between counterparties, enterprise units, and government authorities (Loboda et al., 2025). It not only increases the efficiency of accounting processes but also promotes the transparency of business operations, which is especially relevant in the digital economy, where access to up-to-date information determines an organization's competitive advantages.

An equally important element of transformation is the integration of accounting systems with other information platforms, including banking services, analytical modules, and state electronic platforms. Such integration ensures continuous data exchange, minimizes duplication of information, and creates conditions for automated control over financial flows. It enables enterprises to respond promptly to changes in the accounting environment and ensures synchronization of financial and managerial processes with external requirements.

Modern accounting systems actively use analytical tools and business intelligence technologies, which allow for in-depth analysis of financial information, assessment of resource utilization efficiency, and forecasting of financial results. This transforms accounting from merely a means of recording transactions into a strategic management tool capable of forming a comprehensive view of the enterprise's financial condition and supporting well-grounded managerial decision-making.

In addition to technological aspects, the transformation of accounting involves revising organizational structures and personnel roles, as well as forming a new corporate culture focused on digital competencies and an innovative approach. The accounting function becomes a center of analytics and decision-making, while specialists must possess not only knowledge of traditional accounting but also skills in information technologies, analytics, and data management.

As a result, the digital transformation of accounting ensures the comprehensive integration of technological, organizational, and analytical solutions, increases the efficiency of financial management, minimizes the risks of errors and fraud, and creates the preconditions for the further development of taxation systems and managerial control. The transformed accounting system becomes a dynamic, transparent, and adaptive mechanism that meets the modern requirements of the knowledge economy and digital technologies.

In the current context, the transformation of taxation systems in Ukraine is occurring under the direct influence of the digitalization of public administration and the development of information and communication technologies. The primary goal of these changes is to enhance the efficiency of tax administration, ensure transparency of financial flows, reduce the shadow economy, and create conditions for more predictable and controlled tax revenue collection (Liubymov, & Kulyk, 2019).

A key instrument of digitalizing the tax system is the electronic taxpayer cabinet, which enables remote interaction with regulatory authorities. Through this service, businesses and individuals can submit reports, access information on their budget settlements, monitor their tax obligations,

and conduct financial transactions online. This significantly reduces the time required for administrative procedures, minimizes the risk of errors, and ensures continuous access to up-to-date information, which is critical in the digital economy.

One of the most significant aspects of the transformation is the implementation of electronic auditing and digital tax control, which involves automated processing of large volumes of financial data, risk analysis, and detection of potential violations without the need for prolonged physical intervention. This enhances the accuracy and efficiency of inspections, reduces their duration, and minimizes the influence of the human factor, while simultaneously lowering the likelihood of corruption risks in the control process. Additionally, the integration of various government information systems is taking place, ensuring automatic data exchange between tax, customs, and financial authorities, as well as banking and financial platforms. Such integration allows the formation of a comprehensive information ecosystem that facilitates timely detection of violations, improves the quality of tax payment control, and enables more operational and efficient tax administration.

The digitalization of Ukraine's tax system is closely linked with the transformation of accounting and innovative management, as the implementation of modern technologies requires adaptation of internal enterprise processes to new standards of information processing, accounting automation, and data integration. This creates conditions for strategic financial management, forecasting tax burdens, optimizing resources, and enhancing the efficiency of managerial decisions.

In the modern digital economy, innovative management plays a strategic role in the transformation of accounting and taxation systems, serving as a key mechanism for coordinating and implementing digital changes within enterprises and government structures. It provides a systematic approach to the introduction of innovative technologies, processes, and services, allowing for risk minimization and improved management of financial and tax flows. One of the main tasks of innovative management is the development of a digital development strategy for the enterprise, which involves defining long-term goals, assessing business needs, selecting technological solutions, and planning the resources required to implement innovation projects. This encompasses not only technological aspects but also organizational changes, including adapting accounting and taxation processes to new digital standards, automating document management, and integrating information systems into a unified corporate ecosystem.

Change management is an integral component of innovative management, as the introduction of advanced technologies requires staff to adapt to new working conditions, master digital tools, and modify corporate culture. Innovative management creates conditions for employees to effectively embrace changes, encourages their participation in digital transformations, and ensures support for new processes at all organizational levels.

Equally important is risk management in the digitalization process (Medynska et al., 2024). Such risks include cyber threats, technical failures, loss or leakage of information, as well as potential errors in automated data processing. Innovative management involves the development of preventive control systems, implementation of information security technologies, and real-time risk monitoring, ensuring business continuity and reliability of financial and taxation accounting. Additionally, innovative management promotes the use of analytics and modern information technologies, such as cloud services, artificial intelligence, blockchain, and integrated ERP systems, enabling enterprises to engage in strategic planning, forecast financial indicators, and make well-informed managerial decisions based on accurate data (Melnyk et al., 2023).

Despite significant progress in the digitalization of accounting and taxation systems, the development of these areas in Ukraine faces a range of complex challenges that require a systematic solution and a strategic approach. One of the key problems is the low level of digital competence among employees, which complicates the effective implementation of new technologies, automated accounting systems, and digital tax administration services. Insufficient staff training leads to slower adaptation processes, increased errors, and the need for additional education, directly affecting productivity and the efficiency of business processes. Another significant problem is the high cost of implementing innovations, related to the purchase of software, equipment, integration of accounting platforms, and adaptation of organizational processes. For many enterprises,

especially small and medium-sized businesses, this represents a serious barrier that hinders their ability to undergo digital transformation.

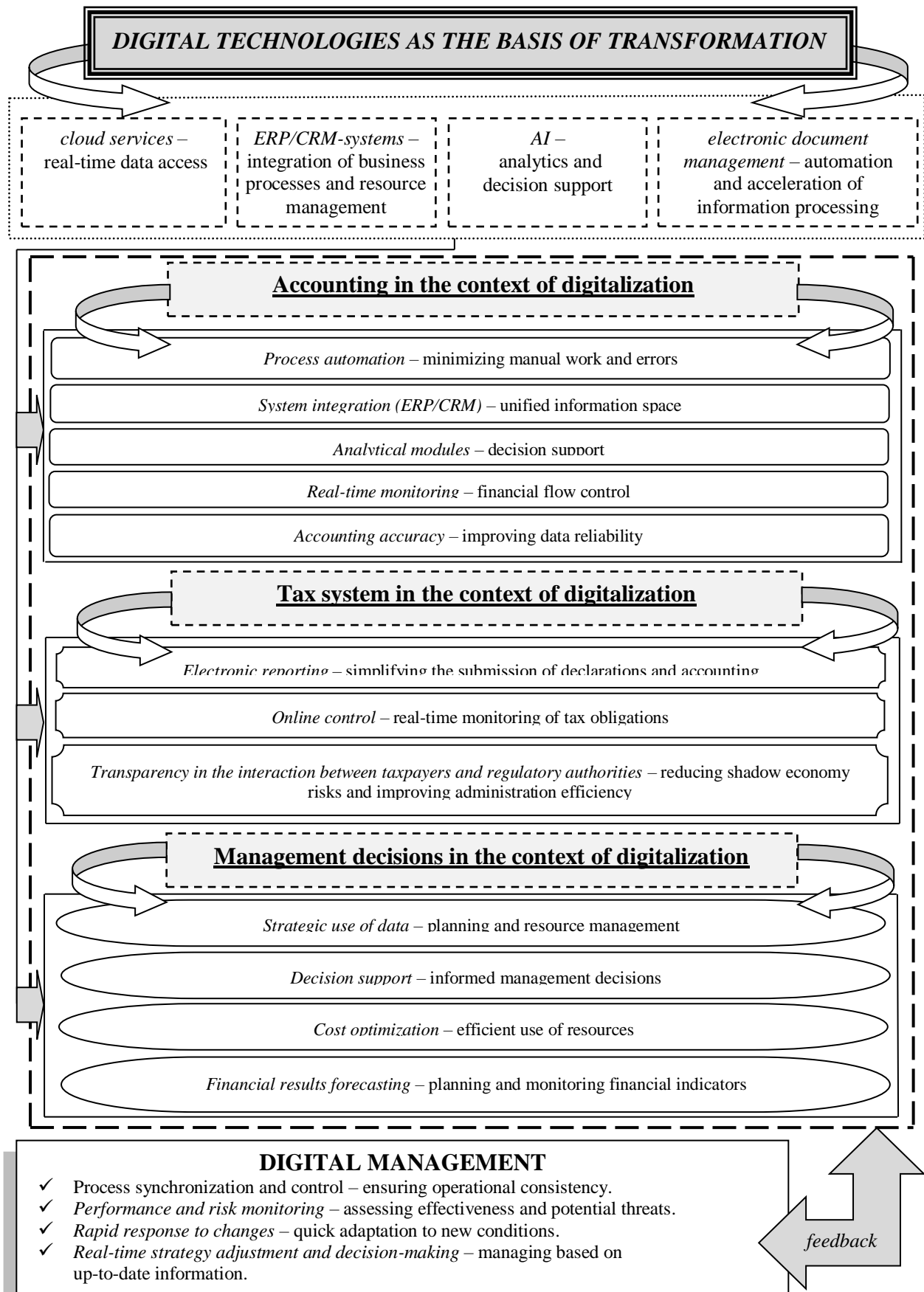
Particular attention, in the context of martial law, must be paid to information security risk management, as the automation of accounting and taxation processes involves the accumulation and processing of large volumes of confidential data. Threats such as cyberattacks, technical failures, or unauthorized access can lead to financial losses, breaches of confidentiality, and reduced trust in digital systems from both businesses and government agencies. In addition, the imperfection of the regulatory framework remains a significant limitation. Many legislative acts do not take into account modern digital technologies, which complicates their practical application and creates legal uncertainty. Updating the regulatory framework and harmonizing it with international standards is a necessary condition for ensuring the stable development of the digital economy and effective tax administration.

At the same time, the prospects for the development of accounting and taxation systems are substantial, opening new opportunities to improve the efficiency of financial and tax flow management. Key directions include the implementation of artificial intelligence, which allows the automation of analytics, forecasting of financial indicators, and risk management, enhancing the accuracy and timeliness of decision-making. The development of e-governance ensures the integration of government and corporate information systems, promoting transparency, reducing administrative burdens, and optimizing the interaction between businesses and the state. In addition, the use of blockchain technologies in the tax sector opens opportunities for creating transparent, secure, and automated systems for recording and monitoring financial transactions, significantly reducing the risks of fraud and errors.

Addressing existing problems and actively utilizing modern digital technologies, combined with innovative management, creates the prerequisites for the sustainable development of accounting and taxation systems, improving the efficiency of financial control, the transparency of the tax system, and the adaptation of the Ukrainian economy to the requirements of the digital era.

Based on the results of the study, it can be concluded that the digitalization of the economy exerts a fundamental impact on the functioning of accounting and taxation systems, causing their deep transformation, modernization, and integration with modern information technologies. Under the influence of digital innovations, accounting ceases to be merely a formal procedure for recording financial transactions and becomes a strategic management tool that ensures operational planning, forecasting, and financial analytics. Innovative management plays a key role in these processes, as it provides a systematic approach to implementing innovations, defines strategies for the digital development of enterprises, coordinates the use of technologies, resources, and human capital, and creates conditions for adapting organizational culture and corporate processes to new digital requirements. Thanks to innovative management, effective risk management is ensured, addressing issues related to cybersecurity, technical failures, processing of large volumes of data, and compliance with regulatory requirements, which is critically important for the reliable functioning of accounting and taxation systems.

Considering the above, it becomes evident that the digitalization of the economy and the implementation of innovative technologies radically transform not only accounting processes but also tax administration, requiring enterprises to adopt a comprehensive approach to their management. The interaction of accounting, taxation, and management under digital transformation acquires new characteristics that are reflected at all stages of managerial and financial processes. The conceptual model presented in Figure 1 visually demonstrates this process, illustrating the interaction of key elements of digital transformation that form a unified integrated system. As seen in the model, at each stage of this process, the integration of information technologies ensures flexibility, transparency, and accuracy of data transmitted between different subsystems. Digitalization of accounting and tax processes allows for the automation of routine operations, reducing the likelihood of errors and decreasing the workload on personnel.



*Figure 1. Conceptual model of integrating information technologies into accounting, taxation, and management processes*

In particular, the automation of data collection and processing, integration of accounting and tax platforms, and implementation of electronic document flow significantly reduce operational time and dependence on the human factor. At the same time, management in the digital economy acts as a controlling element, which not only defines development strategies and change management but also coordinates the implementation of technological solutions in accounting and taxation. It provides a system for adapting the enterprise to new conditions, manages human resources, and ensures continuous skill development for the effective use of cutting-edge technologies.

Overall, the model illustrates not only the impact of digital technologies on accounting and tax processes but also the interconnection between these areas from the perspective of effective management and strategic decision-making. This allows enterprises to achieve high performance in ensuring financial transparency and tax discipline, which are critical factors for sustainable development in the context of digital transformation.

Considering the current challenges, including the state of war in Ukraine, the digitalization of accounting and tax administration is becoming not only a necessary condition for improving the efficiency of economic processes but also an important tool for ensuring national security and stability. In the future, further development of innovative technologies in these areas will contribute to strengthening the economic resilience of enterprises, enhancing the transparency of public finances, and enabling effective responses to global economic challenges.

#### References:

1. BONDARUK, T., MEDYNSKA, T., NIKONENKO, U., MELNYCHUK, I., & LOBODA, N. (2023). Fiscal policy as a guarantee of sustainable development under military conditions. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 18 (4), 1097-1102. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180412>.
2. BOUWMAN, H., NIKOU, S., MOLINA-CASTILLO, F. J., & DE REUVER, M. (2018). The impact of digitalization on business models. *Digital Policy, Regulation and Governance*, 20 (2), 105-124. <https://doi.org/10.1108/DPRG-07-2017-0039>.
3. CHABANIUK, O., HOLOVACHKO, V., LOBODA, N., LYTVYENKO, N., & NOVOSELETSKA, A. (2026). Improving the accounting and analytical support model for the formation and digitalization of enterprise reporting. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 1 (66), 266-278. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.66.2026.5139>.
4. CHABANIUK, O. M., LOBODA, N. O., & KUZMINSKA, K. I. (2024). Accounting and applied software solutions. *BAS: accounting. ALERTA*.
5. *Concept of implementation of e-audit for taxpayers*. (n.d.). Ministry of Finance of Ukraine. [https://mof.gov.ua/uk/news/minfin\\_prezentuiekontseptsiuu\\_e-auditu\\_dlia\\_platnikiv\\_podatkiv-2570](https://mof.gov.ua/uk/news/minfin_prezentuiekontseptsiuu_e-auditu_dlia_platnikiv_podatkiv-2570).
6. IVANCHENKO, N. O., KUDRYTSKA, ZH. V., & REKACHYNSKA, K. V. (2020). Business model in the context of digital transformations. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University*, 3, 185-190. <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-3-65>.
7. GYAU, E. K., OWIREDU-GHORMAN, K., AMANING, N., & KPIMEKUU, P. B. (2023). Qualitative analysis on costs and benefits of adopting a cloud-based accounting information system: a case study of rural banks in Ghana. *European Journal of Accounting, Auditing and Finance Research*, 11 (6), 70-91. <https://doi.org/10.37745/ejaafr.2013/vol11n67091>.
8. KONONENKO, L. V., NAZAROVA, H. B., & SAVCHENKO, V. M. (2025). Organization of accounting and audit in the context of using the latest digital technologies: current state, problems and prospects. *Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management*, 18. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2025-18-09-03>.
9. LIUBYMOV, M. O., & KULYK, V. A. (2019). Opportunities, threats and prospects of using "cloud" technologies in accounting. *Scientific Bulletin of Poltava University of Economics and Trade*, 2 (93), 40-46. URL:

- <http://www.journal.puet.edu.ua/index.php/nven/article/viewFile/1560/1388>.
10. LOBODA, N. O., & CHABANIUK, O. M. (2024). Accounting: in diagrams and tables. (2-he vyd). ALERTA.
  11. LOBODA, N. O., PETRYSHYN, L. P., & CHABANIUK, O. M. (2025). Innovative digital technologies in the organization of accounting, reporting, and auditing of enterprises. *Financial Space*, 4 (58), 101-114. [https://doi.org/10.30970/fp.4\(58\).2025.101117118](https://doi.org/10.30970/fp.4(58).2025.101117118).
  12. MEDYNSKA, T., LOBODA, N., NOHINOVA, N., OLIYNYK, N., & BORUTSKA, Y. (2024). Optimization of ecological taxation: Role in the formation of environmental protection budgets. *International Journal of Environmental Impacts*, 7 (1), 17-23. <https://doi.org/10.18280/ije.070102>.
  13. MELNYK, S., CHABANIUK, O., RAVLINKO, Z., PETRUKHA, N., & BODNARIUK, I. (2023). Formation of a security environment for personnel management of socio-economic systems before and during the war: Legal aspect. *Cuestiones Políticas*, 41 (78), 493-503. <https://doi.org/10.46398/cuestpol.4178.34>.
  14. *Priority areas, initiatives, projects of digitalization of Ukraine by 2020*. (2016). Digital agenda of Ukraine – 2020 (Digital agenda – 2020). Conceptual framework (version 1.0). <https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf>.
  15. *Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine*. (2018). On approval of the Concept of Development of Digital Economy and Society of Ukraine for 2018-2020 and approval of the Action Plan for its Implementation. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#Text>.
  16. *Use of information and communication technologies in enterprises*. (n.d.) <https://stat.gov.ua/en/datasets/use-information-and-communication-technologies-enterprises>.

## 2.5. FEATURES OF POPULATION PREPAREDNESS FOR EMERGENCY SITUATIONS

### 2.5. ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ НАСЕЛЕННЯ ДО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Готовність населення до дій у надзвичайних ситуаціях визначає результативність заходів цивільного захисту, оскільки від рівня обізнаності громадян, практичних навичок, психологічної стійкості та здатності діяти за встановленими алгоритмами залежить своєчасність реагування на небезпеки природного, техногенного, соціального й воєнного характеру. Сучасні загрози пов'язані не лише зі стихійними лихами, техногенними аваріями чи порушенням функціонування об'єктів інфраструктури, а й із воєнними діями, руйнуванням систем життєзабезпечення, мінною небезпекою, дефіцитом достовірної інформації та поширенням дезінформації.

В умовах інформаційного суспільства змінюються способи формування готовності населення до надзвичайних ситуацій. Поряд із традиційними формами навчання застосовуються цифрові канали комунікації, електронні ресурси, дистанційні освітні формати та системи оперативного інформування. Такі засоби розширюють доступ громадян до знань і рекомендацій, однак потребують розвитку інформаційної грамотності, уміння користуватися офіційними джерелами та критично оцінювати повідомлення, що поширюються в цифровому середовищі.

Підготовка населення до самозахисту та взаємодопомоги має розглядатися як системний процес, що поєднує інформування, навчання, практичне відпрацювання дій, психологічну підготовку та організацію комунікації між населенням, органами управління і службами цивільного захисту. Такий підхід дає змогу перейти від загального ознайомлення громадян із правилами безпеки до формування здатності діяти усвідомлено, узгоджено та безпечно в умовах реальної небезпеки.

Наукові праці з досліджуваної тематики охоплюють кілька взаємопов'язаних напрямів: розвиток системи цивільного захисту, інформаційне забезпечення безпеки, попередження надзвичайних ситуацій, реагування на воєнні та техногенні загрози, ризик-комунікацію і формування безпечної поведінки населення.

Цивільний захист у сучасних дослідженнях розглядається як система реагування на небезпечні події та складова відновлення і розвитку територіальних громад. Такий підхід пов'язаний із необхідністю підвищення здатності громад до самоорганізації, взаємодопомоги та підтримання безпечного середовища в умовах кризових подій (Анацький, & Рашкевич, 2024). У цьому контексті концепція забезпечення безпеки середовища життєдіяльності орієнтує увагу на попередження небезпек, зменшення їхніх наслідків і створення умов для формування безпечної поведінки населення (Карпенко та ін., 2024).

Інформаційне забезпечення цивільного захисту передбачає своєчасне доведення до громадян відомостей про можливі загрози, правила поведінки та порядок дій у разі виникнення надзвичайної ситуації (Пономаренко, & Рашкевич, 2023). У дослідженнях інформаційного забезпечення системи управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях розглянуто вплив якості комунікації на координацію дій, швидкість реагування та здатність населення виконувати рекомендації відповідних служб (Качала та ін., 2023). Отже, інформаційне забезпечення пов'язане з формуванням безпечної поведінки населення.

Фактори забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини пов'язуються з рівнем обізнаності населення, доступністю засобів захисту, ефективністю систем оповіщення, наявністю практичних навичок і здатністю громадян до узгоджених дій у кризових умовах (Гаврилюк та ін., 2024). Заходи щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій доповнюють цей підхід прикладним змістом, оскільки стосуються організаційних, профілактичних і поведінкових дій, які мають бути засвоєні населенням до виникнення небезпеки (Щолоков, & Рашкевич, 2022).

Окремий напрям досліджень пов'язаний із попередженням надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах. У таких умовах розглядається підготовка населення, яке

проживає або працює поблизу джерел підвищеної небезпеки. Громадяни мають володіти інформацією про можливі небезпечні чинники, маршрути евакуації, порядок укриття, способи повідомлення відповідних служб і правила поведінки в разі аварії (Рашкевич та ін., 2020).

У дослідженнях територій України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень, розглянуто взаємозв'язок між техногенними, екологічними, інфраструктурними та інформаційними ризиками. Аналіз стану попередження надзвичайних ситуацій на таких територіях вказує на потребу врахування руйнування інфраструктури, порушення систем життєзабезпечення, мінної небезпеки та обмеженого доступу населення до достовірної інформації (Рашкевич, 2023). Алгоритм інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на уражених територіях може розглядатися як підхід до поєднання інформаційних, технічних і організаційних рішень у сфері підготовки населення (Рашкевич та ін., 2024).

Проблематика реагування на наслідки надзвичайних ситуацій охоплює гуманітарне розмінування територій. Для населення це передбачає необхідність засвоєння правил поведінки на територіях, забруднених вибухонебезпечними предметами, порядку повідомлення відповідних служб, заборони самостійного втручання та дотримання вимог безпечної евакуації (Холодна, & Рашкевич, 2023). Дослідження інноваційних підходів до попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів у населених пунктах, де відбувалися бойові дії, розширює аналіз підготовки населення до питань екологічної та техногенної безпеки (Бондаренко та ін., 2022).

Пожежна безпека, пошуково-рятувальні роботи та застосування сучасних технологій належать до проблемного поля підготовки населення. Аналіз способів зниження пожежної небезпеки об'єктів захоронення твердих побутових відходів може бути використаний для інформування громадян про локальні техногенні й екологічні ризики (Шершньов, & Рашкевич, 2021). У працях, присвячених технологіям у сфері пошуково-рятувальних операцій під час надзвичайних ситуацій, розглядаються засоби комунікації, пошуку, оповіщення та взаємодії з рятувальними службами (Діхтяренко, & Рашкевич, 2024).

Цифрові технології використовуються для попередження небезпечних ситуацій, моніторингу ризиків і підтримки прийняття рішень. Передумови використання машинного навчання для виявлення антисоціальної поведінки характеризують цифрові інструменти у сфері безпеки, зокрема для раннього виявлення ризикових проявів, аналізу поведінкових сигналів і підвищення ефективності інформаційного забезпечення (Артюхов, & Рашкевич, 2024). У контексті підготовки населення це вказує на доцільність поєднання традиційних форм навчання з цифровими каналами комунікації.

Міжнародні дослідження розглядають зв'язок між сприйняттям ризику, рівнем довіри до джерел інформації, попереднім досвідом і поведінкою населення під час небезпеки. У роботі R. J. Eiser та співавторів запропоновано концептуальну основу інтерпретації ризику та дій населення у відповідь на природні загрози (Eiser et al., 2012). У дослідженні поведінкової реакції населення на попередження про повені зазначено, що результативність оповіщення залежить від факту передавання повідомлення, зрозумілості його змісту, довіри до джерела та готовності громадян виконувати рекомендації (Parker et al., 2009). У працях із соціального сприйняття геогідрологічного ризику розглянуто відмінності між оцінками фахівців і населення, що може враховуватися під час розроблення інформаційних кампаній (Antronico et al., 2019).

Дослідження стійкості громад і готовності населення до небезпечних подій охоплюють соціально-економічні характеристики, рівень освіти, попередній досвід, сприйняття ризику та наявність підготовчих заходів (Ainuddin, & Kumar Routray, 2012; Akter, & Mallick, 2013; Shapira et al., 2018). Освіта та поінформованість про ризики пов'язуються з готовністю громадян до евакуації, самозахисту, взаємодопомоги та виконання рекомендацій відповідних служб (Paul, & Bhuiyan, 2010). Модель формування сприйняття ризику домогосподарствами передбачає врахування соціальних, культурних і психологічних чинників під час розроблення програм підготовки населення (Xu et al., 2019).

У публікаціях, присвячених комунікації ризиків та громадській участі, розглядаються місцеві умови, характер загроз, попередній досвід громад і доступні канали інформування (Maidl, & Buchecker, 2015; Maskrey, 2011). У дослідженнях організаційної готовності до небезпечних подій аналізуються питання системного планування, координації дій, підготовки персоналу та налагодження зрозумілої комунікації з населенням (Holla et al., 2016).

Опрацювання наукових праць з досліджуваної тематики дозволяє зробити висновок, що підготовка населення до дій у надзвичайних ситуаціях розглядається у контексті цивільного захисту, інформаційного забезпечення, попередження небезпек, реагування на воєнні й техногенні загрози, ризик-комунікації та психологічної готовності. Водночас недостатньо систематизованим залишається підхід, який поєднує фактори готовності громадян, форми підготовки населення, цифрові технології, системи оповіщення та інформаційну взаємодію в єдину систему формування безпечної поведінки населення.

*Метою роботи* є узагальнення факторів, що визначають рівень готовності населення до дій у надзвичайних ситуаціях в умовах інформаційного суспільства, а також обґрунтування основних форм підготовки населення до самозахисту та взаємодопомоги.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: визначити фактори, що впливають на готовність громадян до дій у надзвичайних ситуаціях; охарактеризувати навчально-інформаційні, практичні, комунікаційні та технологічні форми підготовки населення; розкрити роль цифрових технологій, систем оповіщення та інформаційної взаємодії у формуванні безпечної поведінки громадян.

Наукова новизна роботи полягає в систематизації факторів готовності населення до дій у надзвичайних ситуаціях з урахуванням впливу інформаційного середовища, цифрових каналів комунікації та психологічних чинників реагування. Практична спрямованість дослідження полягає в узагальненні форм підготовки населення до самозахисту та взаємодопомоги, які можуть використовуватися під час організації навчання, інформування та оповіщення громадян.

#### **Фактори, що впливають на готовність громадян до дій у надзвичайних ситуаціях.**

Готовність громадян до дій у надзвичайних ситуаціях формується під впливом комплексу організаційних, інформаційних, освітніх, психологічних, соціальних і матеріально-технічних факторів (Таблиця 1). Їх поєднання визначає здатність населення своєчасно розпізнавати небезпеку, оцінювати ситуацію, виконувати рекомендації органів цивільного захисту, застосовувати навички самозахисту та надавати допомогу іншим особам.

*Таблиця 1. Фактори готовності громадян до дій у надзвичайних ситуаціях*

Група факторів	Складові	Функціональне призначення
Інформаційні	Обізнаність про загрози, доступ до офіційної інформації, інформаційна грамотність	Забезпечують розуміння небезпеки та правильний вибір дій
Освітньо-практичні	Навчання з питань безпеки, тренування, симуляції, практичний досвід	Формують уміння застосовувати знання в реальних або наближених до реальних умовах
Психологічні	Стресостійкість, самоконтроль, здатність діяти без паніки	Підтримують організовану поведінку в умовах небезпеки
Комунікаційні	Система оповіщення, довіра до офіційних джерел, зворотний зв'язок	Забезпечують своєчасне отримання повідомлень і виконання рекомендацій
Матеріально-технічні	Засоби індивідуального захисту, аптечки, укриття, засоби зв'язку, рятувальне обладнання	Створюють практичні умови для самозахисту та взаємодопомоги
Соціальні	Рівень освіти, дохід, вік, стан здоров'я, потреби різних груп населення	Визначають доступність підготовки та можливість виконання захисних дій
Територіально-організаційні	Залученість громад, місцева інфраструктура, маршрути евакуації, доступність служб	Забезпечують організоване реагування на місцевому рівні

Наведені групи факторів не діють ізольовано, а формують взаємопов'язану систему готовності населення. Інформаційні та комунікаційні фактори забезпечують отримання достовірних повідомлень, розуміння характеру загрози, вибір безпечного порядку дій і виконання рекомендацій органів цивільного захисту. Освітньо-практичні фактори переводять отримані знання у конкретні навички, які можуть бути застосовані під час пожежі, аварії, обстрілу, хімічного або радіаційного забруднення, мінної небезпеки чи інших кризових подій.

Психологічні фактори визначають здатність людини зберігати контроль над власною поведінкою в умовах стресу, невизначеності та дефіциту часу. Без сформованої психологічної готовності навіть обізнана особа може діяти непослідовно, ігнорувати інструкції або піддаватися паніці. Тому розвиток стресостійкості, самоконтролю та навичок взаємопідтримки має входити до системи підготовки населення.

Матеріально-технічні та територіально-організаційні фактори визначають практичну можливість виконання захисних дій. Доступність укриттів, засобів зв'язку, маршрутів евакуації, аптечок, засобів індивідуального захисту та рятувального обладнання впливає на фактичну спроможність населення діяти безпечно. Тому підготовка громадян має поєднувати інформування, навчання, організацію місцевої інфраструктури та перевірку її готовності до використання.

Соціальні фактори впливають на доступність підготовки для різних категорій населення. Діти, особи похилого віку, люди з інвалідністю, внутрішньо переміщені особи, мешканці сільських територій або районів підвищеного ризику можуть мати різні можливості щодо отримання інформації, евакуації, користування цифровими сервісами чи засобами захисту. У зв'язку з цим заходи підготовки мають адаптуватися до реальних потреб населення, а не обмежуватися універсальними інструкціями.

**Форми підготовки населення до самозахисту та взаємодопомоги.** Підготовка населення до дій у надзвичайних ситуаціях може здійснюватися через навчально-інформаційні, практичні, комунікаційні та технологічні форми (Таблиця 2). Такий поділ дає змогу охопити різні рівні формування готовності громадян: отримання знань, відпрацювання практичних дій, налагодження інформаційної взаємодії та використання цифрових інструментів. У сукупності ці форми забезпечують перехід від пасивного інформування населення до формування стійких навичок самозахисту, взаємодопомоги та організованого реагування на небезпеку.

*Таблиця 2. Форми підготовки населення до самозахисту та взаємодопомоги*

Форма підготовки	Засоби реалізації	Очікуваний результат
Навчально-інформаційна	Лекції, інструктажі, пам'ятки, брошури, методичні рекомендації, інформаційні стенди	Засвоєння базових знань про загрози та правила поведінки
Практична	Евакуаційні тренування, практичні заняття, симуляції, навчання користуванню засобами захисту	Формування навичок дій в умовах небезпеки
Комунікаційна	Інформаційні кампанії, офіційні повідомлення, консультації, місцеві медіа, соціальні мережі	Підтримання зв'язку між населенням, органами управління та службами цивільного захисту
Технологічна	Онлайн-курси, мобільні застосунки, чат-боти, електронні пам'ятки, цифрові карти укриттів	Розширення доступу до інформації та підтримка оперативного реагування

Наведені форми підготовки мають застосовуватися не відокремлено, а як взаємопов'язані елементи єдиної системи. Навчально-інформаційна форма забезпечує засвоєння базових правил поведінки, практична – переводить ці знання у конкретні дії, комунікаційна – підтримує зв'язок між населенням, органами управління та службами цивільного захисту, а технологічна – розширює доступ до навчальних матеріалів і оперативних повідомлень.

Поєднання цих форм дозволяє підвищити не лише рівень обізнаності населення, а й здатність громадян діяти в умовах дефіциту часу, стресу, обмеженого доступу до інформації або зміни звичних умов життєдіяльності. Наприклад, пам'ятки та інструктажі пояснюють порядок дій, тренування закріплюють його на практиці, офіційні повідомлення забезпечують актуальну інформацію під час небезпеки, а цифрові інструменти дають змогу швидко отримати доступ до маршрутів евакуації, карт укриттів, контактів служб допомоги та оновлених рекомендацій.

Водночас технологічні засоби не повинні повністю замінювати традиційні форми підготовки та інформування. Різні категорії населення мають неоднаковий рівень цифрової грамотності, доступу до інтернету, мобільних застосунків і електронних сервісів. Тому підготовка має поєднувати друковані матеріали, очні інструктажі, практичні заняття, місцеві канали комунікації та цифрові ресурси. Такий підхід забезпечує ширше охоплення населення і підвищує доступність навчання для дітей, осіб похилого віку, людей з інвалідністю, мешканців сільських територій та громад, що перебувають у зоні підвищеного ризику.

**Роль цифрових технологій, систем оповіщення та інформаційної взаємодії у формуванні безпечної поведінки громадян.** У межах підготовки населення цифрові технології, системи оповіщення та інформаційна взаємодія деталізують комунікаційну й технологічну складові формування безпечної поведінки. Їх використання спрямоване не лише на поширення навчальних матеріалів, а й на своєчасне попередження про небезпеку, передавання алгоритмів дій, підтримання зворотного зв'язку та протидію дезінформації. В умовах інформаційного суспільства безпечна поведінка громадян залежить від здатності своєчасно отримувати достовірну інформацію, правильно її оцінювати та діяти відповідно до офіційних рекомендацій.

Системи оповіщення забезпечують перехід від загального інформування до оперативного реагування. Їх призначення полягає в тому, щоб своєчасно повідомити населення про загрозу та надати короткі, зрозумілі й однозначні інструкції щодо подальших дій. До таких систем належать звукові сигнали, радіо, телебачення, SMS-повідомлення, push-сповіщення, офіційні сайти, канали органів влади в соціальних мережах і месенджерах. Ефективність оповіщення залежить від швидкості передавання повідомлення, охоплення населення, зрозумілості змісту, повторюваності повідомлень і довіри громадян до джерела інформації.

Інформаційна взаємодія між органами управління, службами цивільного захисту та населенням має двосторонній характер. З одного боку, громадяни отримують попередження, інструкції, рекомендації щодо евакуації, укриття, надання допомоги або обмеження пересування. З іншого боку, населення може передавати інформацію про небезпечні події, пошкодження інфраструктури, пожежі, виявлення вибухонебезпечних предметів, потребу в допомозі або проблеми з доступом до укриттів. Такий обмін інформацією сприяє уточненню обстановки, швидшому реагуванню служб і коригуванню управлінських рішень.

Формування безпечної поведінки громадян потребує не лише технічного передавання повідомлень, а й правильно побудованого змісту комунікації. Повідомлення мають бути короткими, конкретними, позбавленими неоднозначності та орієнтованими на дію. Замість загального попередження про небезпеку населення має отримувати чіткий алгоритм: куди перейти, що взяти із собою, яких маршрутів уникати, до кого звертатися, як діяти у разі втрати зв'язку або неможливості евакуації. Такий підхід узгоджується з дослідженнями ризик-комунікації, у яких поведінка населення пов'язується зі зрозумілістю попереджень, довірою до джерел інформації, попереднім досвідом і сприйняттям ризику (Eiser et al., 2012; Parker et al., 2009).

Цифрове середовище водночас створює ризики для безпечної поведінки. Під час надзвичайних ситуацій у соціальних мережах і месенджерах можуть поширюватися неперевірені повідомлення, фейки, емоційні заклики, панічні прогнози або суперечливі інструкції. Це може призводити до дезорієнтації населення, ігнорування офіційних попереджень, необґрунтованого переміщення людей, перевантаження екстрених служб або

виконання небезпечних дій. Тому цифрова підготовка населення має включати розвиток інформаційної грамотності: уміння перевіряти джерела, користуватися офіційними каналами, не поширювати непідтверджену інформацію та розрізняти фактичні повідомлення від припущень.

Системи оповіщення мають враховувати потреби різних категорій населення. Для людей похилого віку, осіб з інвалідністю, дітей, мешканців сільських територій або громадян із низьким рівнем цифрової грамотності лише цифрових каналів може бути недостатньо. Тому електронні повідомлення доцільно поєднувати з традиційними способами інформування: звуковими сигналами, оголошеннями через місцеві адміністрації, радіо, телебачення, друкованими пам'ятками, інформаційними стендами, роботою соціальних служб і волонтерських груп. Багатоканальність зменшує ризик того, що частина населення не отримає повідомлення або не зрозуміє його зміст.

Цифрові технології можуть використовуватися для просторової орієнтації населення під час надзвичайних ситуацій. Електронні карти укриттів, маршрути евакуації, позначення небезпечних зон, інформація про пункти допомоги, медичні заклади, місця видачі води або гуманітарної підтримки допомагають громадянам приймати обґрунтовані рішення. Для територій, що зазнали воєнних уражень або мають ризики мінної небезпеки, такі інструменти дозволяють швидше інформувати населення про обмеження руху, небезпечні ділянки та безпечні маршрути. Це узгоджується з підходами, у яких інформаційно-технічні рішення розглядаються як складова попередження надзвичайних ситуацій на уражених територіях (Рашкевич, 2023; Рашкевич та ін., 2024).

Інформаційна взаємодія впливає і на психологічну готовність громадян. У кризових умовах невизначеність, дефіцит інформації та суперечливі повідомлення посилюють тривогу і можуть спричинити панічні реакції. Регулярне, послідовне й зрозуміле інформування знижує рівень невизначеності, допомагає громадянам зберігати контроль над ситуацією та виконувати рекомендовані дії. Тому повідомлення мають не лише попереджати про небезпеку, а й пояснювати порядок дій, доступні ресурси допомоги та очікувану поведінку населення.

Застосування цифрових технологій у сфері цивільного захисту може охоплювати аналітичні інструменти, системи моніторингу, автоматизоване збирання повідомлень, чат-боти, електронні сервіси зворотного зв'язку та елементи машинного навчання. Такі рішення можуть допомагати виявляти ризикові ситуації, аналізувати звернення громадян, визначати проблемні зони, прогнозувати інформаційні потреби населення та вдосконалювати зміст навчальних матеріалів. Передумови використання цифрових технологій і машинного навчання у сфері безпеки підтверджують потенціал таких інструментів для підтримки рішень і підвищення ефективності інформаційного забезпечення (Артюхов, & Рашкевич, 2024).

Таким чином, у роботі узагальнено підходи до підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях в умовах інформаційного суспільства та визначено чинники формування готовності громадян до самозахисту, взаємодопомоги й організованого реагування.

1. Встановлено, що готовність громадян до дій у надзвичайних ситуаціях формується під впливом взаємопов'язаних інформаційних, освітньо-практичних, психологічних, комунікаційних, матеріально-технічних, соціальних і територіально-організаційних факторів. Їх комплексне врахування дає змогу підвищити здатність населення своєчасно розпізнавати небезпеку, виконувати рекомендації органів цивільного захисту та діяти узгоджено у разі виникнення надзвичайної ситуації.

2. Обґрунтовано, що навчально-інформаційні, практичні, комунікаційні та технологічні форми підготовки мають застосовуватися як складові єдиної системи. Навчальні матеріали забезпечують засвоєння правил поведінки, практичні заняття формують навички дій, комунікаційні заходи підтримують зв'язок із населенням, а технологічні інструменти розширюють доступ до інформації та підтримують оперативне реагування. Поєднання цих форм сприяє формуванню стійких навичок самозахисту та взаємодопомоги.

3. Визначено, що цифрові технології, системи оповіщення та інформаційна взаємодія впливають на формування безпечної поведінки громадян через своєчасне попередження про небезпеку, надання зрозумілих алгоритмів дій, підтримання зворотного зв'язку, протидію дезінформації та розвиток навичок критичного сприйняття повідомлень. Поєднання цифрових і традиційних каналів комунікації дозволяє охопити різні категорії населення та підвищити їхню готовність до дій у надзвичайних ситуаціях.

### Література:

1. АНАЦЬКИЙ, Д. Д., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2024). Цивільний захист – один із принципів відновлення та розвитку територіальних громад. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту»*. Харків: НУЦЗ України, 9.
2. АРТЮХОВ, Є. О., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2024). Опис передумов використання технологій машинного навчання для виявлення антисоціальної поведінки. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 282-283.
3. БОНДАРЕНКО, А. Ю., РАШКЕВИЧ, Н. В., ЛОБОЙЧЕНКО, В. М., & ШЕВЧЕНКО, Р. І. (2022). Інноваційні підходи в попередженні надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»*. Полтава, 500-502.
4. ГАВРИЛЮК, К. Р., ЧЕРЕПАХА, Р. Е., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2024). Розгляд факторів забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини. *Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків»*. Харків: НУЦЗ України, 184-185.
5. ДІХТЯРЕНКО, Т. В., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2024). Сучасні технології в області пошуково-рятувальних операцій під час надзвичайних ситуацій. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 176-179.
6. КАРПЕНКО, В. Л., ЧЕРЕПАХА, Р. Е., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2024). Сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 298-299.
7. КАЧАЛА, В. В., ТИМАКОВ, Є. В., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Інформаційне забезпечення системи управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту»*. Харків: НУЦЗ України, 237.
8. ПОНОМАРЕНКО, А. В., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Роль інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 196-197.
9. РАШКЕВИЧ, Н., ГОНЧАРЕНКО, Ю., & ВОВЧУК, Т. (2020). Розділ 3.9. Попередження надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах з надлишковим енергоємним технологічним устаткуванням в контексті вирішення проблеми підвищення безпеки та якості життя в сучасному світі. In W. Duczmal & I. Ostopolets (Eds.), *Improving living standards: Current opportunities and limitations* (pp. 369-379). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-21-4.
10. РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень.

- Комунальне господарство міст*, 4 (178), 232-251. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>.
11. РАШКЕВИЧ, Н. В., ШЕВЧЕНКО, Р. І., & НЕШПОР, О. В. (2024). Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 3 (184), 223-228. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228.
  12. ХОЛОДНА, О. С., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків. Гуманітарне розмінування територій. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗ України, 163-164.
  13. ШЕРШНЬОВ, В. О., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2021). Аналіз способів зниження пожежної небезпеки об'єктів захоронення твердих побутових відходів. *Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: ТЕХНОЛОГІЧНІ, економічні та технічні аспекти становлення»*, 3, 122-123.
  14. ЩОЛОКОВ, Е. Е., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2022). Заходи щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*. Черкаси, 238-240.
  15. AINUDDIN, S., & KUMAR ROUSTRAY, J. R. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2, 25-36.
  16. AKTER, S., & MALLICK, B. (2013). The poverty – vulnerability – resilience nexus: Evidence from Bangladesh. *Ecological Economics*, 96, 114-124.
  17. ANTRONICO, L., COSCARELLI, R., DE PASCALE, F., & CONDINO, F. (2019). Social perception of geo-hydrological risk in the context of urban disaster risk reduction: A comparison between experts and population in an area of Southern Italy. *Sustainability*, 11, 2061.
  18. CARNELLI, F., & FORINO, G. (2017). Gestire un terremoto in Italy: Breve prontuario d'emergenza sismica. [*Назву видання потрібно уточнити*], 9.
  19. EISER, R. J., BOSTROM, A., BURTON, I., JOHNSTON, D. M., MCCLURE, J., PATON, D., VAN DER PLIGT, J., & WHITE, M. P. (2012). Risk interpretation and action: A conceptual framework for responses to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1, 5-16.
  20. HOLLA, K., RISTVEJ, J., MORICOVA, V., & NOVAK, L. (2016). Results of survey among SEVESO establishments in the Slovak Republic. *Journal of Chemical Health and Safety*, 23, 9-17.
  21. MAIDL, E., & BUCHECKER, M. (2015). Raising risk preparedness by flood risk communication. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 1577-1595.
  22. MASKREY, A. (2011). Revisiting community-based disaster risk management. *Environmental Hazards*, 10, 42-52.
  23. PARKER, D. J., PRIEST, S. J., & TAPSELL, S. M. (2009). Understanding and enhancing the public's behavioural response to flood warning information. *Meteorological Applications*, 16, 103-114.
  24. PAUL, B. K., & BHUIYAN, R. H. (2010). Urban earthquake hazard: Perceived seismic risk and preparedness in Dhaka City, Bangladesh. *Disasters*, 34, 337-359.
  25. SHAPIRA, S., AHARONSON-DANIEL, L., & BAR-DAYAN, Y. (2018). Anticipated behavioral response patterns to an earthquake: The role of personal and household characteristics, risk perception, previous experience and preparedness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1-8.
  26. XU, D., LIU, Y., DENG, X., QING, C., ZHUANG, L., YONG, Z., & HUANG, K. (2019). Earthquake disaster risk perception process model for rural households: A pilot study from Southwestern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 4512.

## 2.6. ALGORITHMIC CONTRACTS

### 2.6. АЛГОРИТМІЧНІ КОНТРАКТИ

Контракт – це економічний інструмент, що використовується замовником (principal) для стимулювання одного чи кількох агентів (виконавців) докладати зусиль від імені цього замовника, визначаючи платежі на основі спостережуваних показників ефективності. Ключова проблема, яку вирішують контракти, відома в економіці як проблема морального ризику: за відсутності належним чином складеного контракту, агенти можуть вдаватися до дій, які не відповідають найкращим інтересам замовника. Інша спільна риса контрактів – це обмежена відповідальність, за якою платежі до агентів можуть здійснюватися лише від достатньо платоспроможного замовника.

У моделі замовника-виконавця ухилення від ризику (risk aversion) є важливішим, ніж обмежена відповідальність (limited liability (LL)) агента (Dutting et al., 2024). Нехай виконавець (агент) має набір дій  $A$  розміром  $n$ , а витрати (costs) на ці дії для агента становлять  $0 \leq c_i \leq c_{i+1}$ ,  $i = 1, \dots, n - 1$ . Нехай замовник має набір  $m$  результатів з виграшами (rewards)  $0 \leq r_j \leq r_{j+1}$ ,  $j = 1, \dots, m - 1$ . Дія агента стохастично веде до результату на основі матриці ймовірностей  $Q$  (технологічної матриці агента), яка складається з елементів  $q_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $j = 1, \dots, m$ , де  $q_{ij}$  – це ймовірність отримання (правдоподібність) результату  $j$  замовника внаслідок дії  $i$  агента. Отже,  $i$ -й рядок  $(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im})$  матриці  $Q$  – це розподіл (функції щільності ймовірності (probability mass function)) виграшів внаслідок дії  $i$  агента. Сподіваний виграш замовника внаслідок дії  $i$  агента позначимо  $R_i \doteq \sum_{j=1}^m q_{ij} r_j$ , а сподіваний (суспільний) добробут (welfare) внаслідок дії  $i$  агента позначимо  $W_i \doteq R_i - c_i$ .

Тут важливо, що дія  $i$  агента є прихованою від замовника, який спостерігає лише стохастичний результат  $j$  та свій виграш  $r_j$ , що є результатом вибору дії агентом. Така неповнота інформації в поєднанні з невідповідністю інтересів (замовник дістає виграш за рахунок дії та відповідних витрат агента) створює проблему стимулювання.

Контракт – це правило оплати  $\vec{t} \doteq (t_1, t_2, \dots, t_m)$  від замовника до агента, де  $0 \leq t_j$  – платіж або трансферт (transfer), який відповідає результату  $j = 1, \dots, m$ . Розв'язання задачі замовника-виконавця полягає в розробці контракту  $\vec{t}$ . Трансферти пов'язані з результатами, а не з діями, оскільки дії є прихованими від замовника. Сподіваний платіж від замовника до агента внаслідок дії  $i$  агента позначимо  $T_i \doteq \sum_{j=1}^m q_{ij} t_j$ .

Нехай агент і замовник є нейтральними до ризику. Для заданого контракту  $\vec{t}$  сподівана корисність агента від своєї дії  $i$  дорівнює  $U_A(i; \vec{t}) \doteq T_i - c_i$ , а сподівана корисність замовника (principal) внаслідок дії  $i$  агента дорівнює  $U_P(i; \vec{t}) \doteq R_i - T_i$ .

Оскільки  $U_A(i; \vec{t}) + U_P(i; \vec{t}) = T_i - c_i + R_i - T_i = W_i$ , то контракт  $\vec{t}$  впливає на вибір агентом своєї частки добробуту (через вибір своєї дії  $i = 1, \dots, n$ ), визначаючи його розподіл між агентом і замовником.

Умова  $0 \leq t_j$  відповідає стандартному припущенню обмеженої відповідальності агента, яке відображає асиметричні ролі замовника й агента у контрактних відносинах, а також служить для виключення тривіальних нереалістичних рішень проблеми контрактування.

Маючи контракт  $\vec{t}$ , найкращий відгук (response) агента (за його раціональної поведінки) – це вибір ним такої дії  $i^*$ , що максимізує його сподівану корисність  $U_A(i; \vec{t}) \doteq T_i - c_i$  по  $i = 1, \dots, n$ . Позначимо  $A^*(\vec{t})$  множину таких дій  $i^*$ . Якщо ж, при контракті  $\vec{t}$ , максимальна по  $i = 1, \dots, n$  сподівана корисність агента від'ємна, то агент не обирає дії  $i = 1, \dots, n$  з множини  $A$ . Іншими словами, в цьому випадку агент не погоджується на контракт  $\vec{t}$ . Нехай за відсутності контракту між агентом і замовником корисність кожної сторони є нульовою. Кожний вибір  $i^* \in A^*(\vec{t})$  є сумісним за стимулами (incentive compatible (IC)) для агента, оскільки є кращим для агента, ніж будь-який інший. Водночас  $i^* \in A^*(\vec{t})$  є

індивідуально раціональним (individually rational (IR)) вибором для агента, гарантуючи невід'ємність його сподіваної корисності.

Зафіксувавши контракт  $\vec{t}$  та позначивши  $i^*(\vec{t})$  вибір агентом раціональної дії за цим контрактом, сподівана корисність агента та замовника від цього контракту становить  $U_A(\vec{t}) \doteq U_A(i^*(\vec{t}); \vec{t})$  та  $U_P(\vec{t}) \doteq U_P(i^*(\vec{t}); \vec{t})$  відповідно. Оскільки сподівана корисність замовника залежить від вибору агентом своєї дії  $i^*(\vec{t})$ , то важливо вказати, яким чином агент виявляє незалежність у своєму виборі: альтернатива полягає в тому, що замовник може не лише встановлювати платежі (трансферти), але й рекомендувати дію.

За замовчуванням (by default) у теорії контрактів приймається стандартне правило відбору  $i^* \in A^*(\vec{t})$  ((canonical) tie-breaking rule): коли існують кілька дій, що максимізують сподівану корисність агента, то агент обирає ту дію, яка максимізує сподівану корисність замовника. Це правило виправдовується тим фактом, що невелике збурення змусить агента надати строгу (strict) перевагу вищезазначеній дії (Carroll, 2015; Dutting et al., 2019). Якщо ж існує кілька вищезазначених дій, то можна припустити, що агент обирає свою дію, яка має найвищий індекс. Можна довести, що канонічне правило відбору не діє, коли метою замовника є максимізація свого доходу.

Загалом можна розглядати проблему проектування контракту як гру Штакельберга, де замовник здійснює перший хід, визначаючи контракт  $\vec{t}$ , а агент відповідає своєю дією  $i^*(\vec{t})$ , що максимізує свою корисність (яка, згідно з канонічним правилом відбору, максимізує сподівану корисність замовника). Отже, відбуваються такі послідовні в часі події:

замовник пропонує агенту контракт  $\vec{t}$  (припустимо, що сторони мають симетричну інформацію);

агент приймає цей контракт  $\vec{t}$  або відмовляється від нього;

агент здійснює свою приховану (від замовника) дію  $i = i^*(\vec{t})$  зі своїми витратами  $c_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;

в результаті цієї дії замовник дістає виграш  $r_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ ;

замовник здійснює платіж  $t_j$  від замовника до агента.

Припустимо, що для дії  $i = 1$  витрати становлять  $c_1 = 0$ , а відповідний сподіваний виграш замовника дорівнює  $R_1 \doteq \sum_{j=1}^m q_{1j} r_j \geq 0$ . Тоді сумісний за стимулами (IC) вибір агента зводиться до індивідуально раціонального (IR). Продемонструємо це на простому прикладі, де  $\sum_{j=1}^m q_{ij} = 1$ ,  $i = 1, 2, 3$ ,  $j = 1, 2, 3$ :

	$r_1 = 0$	$r_2 = 1$	$r_3 = 7$	
$i = 1$	$q_{11} = 1$	$q_{12} = 0$	$q_{13} = 0$	$c_1 = 0$
$i = 2$	$q_{21} = 0$	$q_{22} = \frac{1}{2}$	$q_{23} = \frac{1}{2}$	$c_2 = 1$
$i = 3$	$q_{31} = 0$	$q_{32} = \frac{1}{6}$	$q_{33} = \frac{5}{6}$	$c_3 = 2$

Звідси

$$R_1 \doteq \sum_{j=1}^m q_{1j} r_j = 1 \times r_1 + 0 \times r_2 + 0 \times r_3 = r_1 = 0,$$

$$R_2 \doteq \sum_{j=1}^m q_{2j} r_j = 0 \times r_1 + \left(\frac{1}{2}\right) \times r_2 + \left(\frac{1}{2}\right) \times r_3 = \left(\frac{1}{2}\right) \times 1 + \left(\frac{1}{2}\right) \times 7 = 4,$$

$$R_3 \doteq \sum_{j=1}^m q_{3j} r_j = 0 \times r_1 + \left(\frac{1}{6}\right) \times r_2 + \left(\frac{5}{6}\right) \times r_3 = \left(\frac{1}{6}\right) \times 1 + \left(\frac{5}{6}\right) \times 7 = 6;$$

$$W_1 \doteq R_1 - c_1 = 0 - 0 = 0, \quad W_2 \doteq R_2 - c_2 = 4 - 1 = 3, \quad W_3 \doteq R_3 - c_3 = 6 - 2 = 4.$$

Тоді для контракту  $\vec{t} \doteq (t_1, t_2, \dots, t_m) = (0, 1, 3)$  маємо:

$$T_1 \doteq \sum_{j=1}^m q_{1j} t_j = 1 \times t_1 + 0 \times t_2 + 0 \times t_3 = t_1 = 0,$$

$$T_2 \doteq \sum_{j=1}^m q_{2j} t_j = 0 \times t_1 + \left(\frac{1}{2}\right) \times t_2 + \left(\frac{1}{2}\right) \times t_3 = \left(\frac{1}{2}\right) \times 1 + \left(\frac{1}{2}\right) \times 3 = 2,$$

$$T_3 \doteq \sum_{j=1}^m q_{3j} t_j = 0 \times t_1 + \left(\frac{1}{6}\right) \times t_2 + \left(\frac{5}{6}\right) \times t_3 = \left(\frac{1}{6}\right) \times 1 + \left(\frac{5}{6}\right) \times 3 = \frac{8}{3};$$

$$U_A(1; \vec{t}) \doteq T_1 - c_1 = 0 - 0 = 0, \quad U_A(2; \vec{t}) \doteq T_2 - c_2 = 2 - 1 = 1,$$

$$U_A(3; \vec{t}) \doteq T_3 - c_3 = \frac{8}{3} - 2 = \frac{2}{3}.$$

Отже, сподівана корисність агента максимізується його дією  $i^*(\vec{t}) = 2$ , якій відповідає виграш  $R_2 = 4$  замовника.

Замість того, щоб припускати канонічне правило відбору, також прийнято визначати контракт як пару  $(\vec{t}; i)$ , що складається з фактичних платежів  $\vec{t}$  та рекомендованої дії  $i$ . Такий контракт відповідає сумісному за стимулами (IC) вибору агента, якщо ця дія максимізує сподівану корисність  $U_A(i; \vec{t}) \doteq T_i - c_i$ ,  $i \in$  зручним у концепції сумісності  $\varepsilon$ -стимулів. Класична модель замовника-виконавця з прихованими діями виступає у двох версіях: а) агент є нейтральним до ризику, але має обмежену відповідальність; б) агент є несхильним до ризику, а від'ємні трансферти є допустимими (Holmstrom, 1979; Shavell, 1979). Несхильність до ризику відображає тенденцію надавати перевагу визначеним результатам відносно невизначених. Несхильність до ризику зазвичай моделюється за допомогою увігнутої функції корисності.

Версії а), б) служать для виключення тривіальних, але нереалістичних рішень проблеми контрагування, які зазвичай називають «продажем проекту агенту».

При продажу проекту агенту, замовник продає проект агенту за ціною, що дорівнює максимальному сподіваному добробуту  $W \doteq \max\{W_i; i = 1, \dots, n\} = \max\{R_i - c_i; i = 1, \dots, n\}$ , а агент отримує відповідний платіж  $t_{j(W)}$  за свою дію  $j(W)$ . Нейтральний до ризику агент приймає цю пропозицію замовника, оскільки корисність агента, крім витрат на  $W$  на купівлю проекту, також враховує сподіваний виграш  $R_{j(W)}$  замовника від цієї дії  $j(W)$  мінус витрати  $c_{j(W)}$  агента, а результуюча корисність агента є беззбитковою:  $R_{j(W)} - c_{j(W)} - W = 0$ .

Зазначимо, що рішення «продажу проекту агенту» може бути реалізовано в моделі замовника-виконавця через контракт  $\vec{t}$ , де  $t_i = -W + R_i$ ,  $i = 1, \dots, m$ . Хоча це рішення вирішує проблему замовника-виконавця, повністю узгоджуючи стимули агента та виконавця, воно не враховує притаманну обом сторонам асиметрію, зокрема той факт, що замовник зазвичай краще пристосований до взяття ризиків завдяки своїй більшій платоспроможності.

Беручи до уваги ключову роль, яку нейтральні до ризику моделі відіграли в економічній та обчислювальній спільноті, вважаємо нейтральна до ризику модель є природною відправною точкою в алгоритмічній теорії контрактів.

Моделі замовника-виконавця відрізняються одна від одної також припущеннями про множину дій агента – неперервну (з потужністю континууму) чи дискретну. Припущення про дискретну множину дій агента є більш природною відправною точкою в інформатиці.

Припущення про неперервну множину дій агента, у поєднанні з припущенням про несхильність агента до ризику, веде до так званого підходу першого порядку (Mirrlees, 1999; Rogerson, 1985). Цей підхід дозволяє замінити вимогу вибору агентом дії, яка дає глобальний максимум, на вимогу вибору агентом дії, яка дає локальний оптимум: властивість монотонності відношення правдоподібності (monotone likelihood ratio property (MLRP)) та умова опуклості функції розподілу (convex distribution function condition (CDFC)) гарантують, що з локальної оптимальності випливає глобальна оптимальність. Крім того, з таким підходом агент може вільно вибирати розподіл результатів (Georgiadis et al., 2024).

В алгоритмічному проектуванні механізмів (Gonczarowski, & Weinberg, 2021) та обчисленнях рівноваги (Papadimitriou, 2006; Rubinstein, 2018) застосовують стандартну концепцію сумісності  $\varepsilon$ -стимулів. Для заданих платежів  $\vec{t}$  та малої константи  $\varepsilon \geq 0$ , дію  $i(\varepsilon)$  агента називають  $\varepsilon$ -найкращою відповіддю (сумісною за  $\varepsilon$ -стимулами ( $\varepsilon$ -IC)), якщо вона є кращою за будь-яку іншу дію з точністю до  $\varepsilon$ :

$$U_A(i(\varepsilon); \vec{t}) \doteq T_{i(\varepsilon)} - c_{i(\varepsilon)} \geq T_i - c_i - \varepsilon \quad \forall i \neq i(\varepsilon).$$

Іншими словами, агент втрачає не більше (варіації)  $\varepsilon$  в очікуваній корисності, вибираючи свою дію  $i(\varepsilon)$ . Отже, проблему проектування контракту можна пом'якшувати, припускаючи, що агент готовий обрати дію  $\varepsilon$ -ІС. Це припущення вважається особливо прийнятним в економічній постановці, де замовник може пропонувати агенту таку дію. Позначимо  $(\vec{t}; i(\varepsilon))$   $\varepsilon$ -ІС-контракт. Можна показати, як перетворити  $\varepsilon$ -ІС-контракт на ІС-контракт, обмежуючи очікувану втрату корисності замовника. Можна також показати, як зведення до  $\varepsilon$ -ІС-контрактів може спростувати задачі проектування контрактів, сприяючи кращим результатам.

У літературі досить часто накладають додаткові умови на розподіли результатів  $R_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ , у формі припущень щодо регулярності. Наприклад, вищезгадана властивість MLRP означає:

$$c_i \leq c_{i+1} \Rightarrow \frac{q_{i+1,j+1}}{q_{i,j+1}} \geq \frac{q_{i+1,j}}{q_{i,j}}, i = 1, \dots, n-1, j = 1, \dots, m-1.$$

Властивість MLRP гарантує: чим вищий спостережуваний результат, тим більша ймовірність того, що агент доклав вищий рівень зусиль. Слабшою умовою є стохастичне домінування першого порядку (first-order stochastic dominance (FOSD)):

$$c_i \leq c_{i+1} \Rightarrow \sum_{l=j}^m q_{i+1,l} \geq \sum_{l=j}^m q_{i,l}, i = 1, \dots, n-1, j = 1, \dots, m-1.$$

Властивість FOSD гарантує: чим вища вартість дії, тим вища ймовірність того, що ця дія призведе до результату принаймні  $R_j$ . З властивості MLRP впливає властивість FOSD, але з властивості FOSD не впливає властивість MLRP (Tadelis & Segal, 2005). Крім MLRP та FOSD, у літературі є інші припущення щодо регулярності. Наприклад, властивість увігнутості функції розподілу (concavity of distribution function property (CDFP)) означає, що:  $c_i$  – опукла комбінація деяких  $c_{i-a}$ ,  $c_{i+b} \Rightarrow$  дія  $i$  має властивість FOSD відносно опуклої комбінації дій  $i-a$ ,  $i+b$ .

Зосередимося на обчислювальних результатах і доведенні чи спростуванні існування ефективних алгоритмів. Загалом алгоритм є ефективним, якщо час його виконання обмежений зверху деякою поліноміальною функцією розміру вхідних даних. Слід уточнювати, як вимірюються час виконання та розмір вхідних даних. За замовчуванням припускаємо, що вхідні числа є дійсними числами, представленими у двійковій системі, та позначаємо через  $k$  максимальну кількість бітів, необхідних для представлення будь-якого числа на вхідних даних. Тоді задачу контрактування з  $n$  діями (агента) та  $m$  результатами (для замовника) можна визначати за допомогою  $O(nmk)$  бітів. Говорять, що алгоритм виконується за поліноміальним часом, якщо він вимагає  $O(P(n, m, k))$  базових операцій, де  $P(n, m, k) \doteq P_k(n, m) \doteq P(n, m)$  – деяка поліноміальна функція.

Альтернативна обчислювальна модель припускає, що кожне дійсне число вимагає однієї комірки пам'яті для зберігання і що базові операції з дійсними числами виконуються за один крок. В цій моделі алгоритм виконується за поліноміальним часом, якщо він вимагає  $O(P(n, m))$  базових операцій, незалежно від величин аргументів: якщо вхідні дані містять дуже велике число, скажімо,  $2^{2^n}$ , то у першій обчислювальній моделі алгоритм може виконуватися за час  $O(P(2^n, m))$ , а в альтернативній обчислювальній моделі – лише за час  $O(P(n, m))$ . Алгоритм, який виконується за поліноміальним часом в обох моделях, зазвичай називають сильно поліноміальним алгоритмом, а алгоритм, який виконується за поліноміальним часом лише у першій моделі, іноді називають слабо поліноміальним алгоритмом. Подібні визначення поширюються на будь-яку обчислювальну задачу (Schrijver, 2003). Канонічна задача проектування замовником полягає у виборі контракту  $\vec{t}$ , що максимізує сподівану корисність (сподіваний дохід) замовника, коли агент здійснює свою дію  $i^* \in A^*(\vec{t})$ , яка максимізує сподівану корисність агента. Такий контракт називають оптимальним (за доходом). Оптимальні контракти не позбавлені деяких недоліків.

Проектування контракту замовником може мати інші цілі, наприклад: максимізацію добробуту (Balanced et al., 2016); максимізацію зусиль з урахуванням бюджетного обмеження (Saig et al., 2023; Saig et al., 2024); підтримку справедливості (Fehr et al., 2007).

Спочатку обговоримо підхід лінійного програмування (ЛП-підхід) до оптимальних контрактів. Потім сформулюємо наслідки такого підходу, що характеризують дії, які замовник може втілювати (враховуючи канонічне правило відбору), уклавши відповідний контракт. Далі визначимо особливі випадки (бінарну дію та бінарний результат), в яких оптимальні контракти мають просту форму.

*Твердження* (Grossman, & Hart, 1983). Оптимальний контракт можна знайти, розв'язавши одну задачу ЛП для кожної з  $n$  дій агента, де кожна задача ЛП має  $m$  змінних та  $(n - 1)$  обмежень. Вихідним результатом розв'язання  $n$  задач ЛП є контракт  $\vec{t}$  разом із дією  $i^* \in A^*(\vec{t})$ , яка дає замовнику максимальну сподівану корисність. Вибір дії  $i^* \in A^*(\vec{t})$  є сумісним з канонічним правилом відбору.

У ЛП-підході зручно розрізнати дії, які замовник може здійснювати до застосування канонічного правила відбору, та дію, яку агент обирає при даному контракті та даному правилі відбору: дія  $i = 1, \dots, n$  агента є здійснюваною (до застосування канонічного правила відбору), якщо існує контракт  $\vec{t}$  такий, що

$$U_A(i; \vec{t}) = \sum_{j=1}^m q_{ij} t_j - c_i \geq U_A(k; \vec{t}) = \sum_{j=1}^m q_{kj} t_j - c_k \quad \forall k \neq i.$$

Ідея полягає в тому, щоб для кожної дії  $i = 1, \dots, n$  сформулювати задачу ЛП, яка відповідає на питання: чи є дана дія здійснюваною (до застосування канонічного правила відбору); якщо дана дія є здійснюваною, то чому дорівнює мінімальний сподіваний платіж, потрібний для здійснення цієї дії.

Будь-який контракт, де дія є здійснюваною та відповідає мініальному сподіваному платежу, називають контрактом з мінімальним платежем (min-pay contract) для цієї дії.

Сформулюємо пряму задачу ЛП для знаходження контракту з мінімальним (сподіваним) платежем для здійснюваної дії  $i$  (min-pay-LP( $i$ )):

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m q_{ij} t_j(i) = \min_{t_1, \dots, t_m} \sum_{j=1}^m q_{ij} t_j, & \quad \sum_{j=1}^m q_{ij} t_j(i) - c_i \geq \sum_{j=1}^m q_{kj} t_j(i) - c_k \\ \forall k \neq i, k = 1, \dots, n & \text{ (для максимізації сподіваної корисності агента),} \\ t_j \geq 0, j = 1, \dots, m & \text{ (для обмеженої відповідальності агента).} \end{aligned}$$

Цій задачі відповідає двоїста (dual-min-pay-LP( $i$ )):

$$\begin{aligned} \sum_{k \neq i} \lambda_k(i) (c_i - c_k) = \max_{\lambda_1, \dots, \lambda_{i-1}, \lambda_{i+1}, \dots, \lambda_n} \sum_{k \neq i} \lambda_k (c_i - c_k), \\ \sum_{k \neq i} \lambda_k(i) (q_{ij} - q_{kj}) \leq q_{ij}, j = 1, \dots, m, & \quad \lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Обмеження максимальної сподіваної корисності агента в min-pay-LP( ) припускає, що сумісна за стимулами (IC) дія є також індивідуально раціональною (IR): без такого припущення потрібно додавати явне обмеження  $\sum_{j=1}^m q_{ij} t_j(i) - c_i \geq 0$  невід'ємності сподіваної корисності агента. Для доведення твердження 1 розглянемо алгоритм, який:

розв'язує (пряму) задачу min-pay-LP( $i$ ) для кожної дії  $i = 1, \dots, n$ , щоб визначити, чи є дана дія  $i$  здійснюваною (до застосування канонічного правила відбору), та визначити відповідний контракт  $\vec{t}(i)$  з мінімальним (сподіваним) платежем;

знаходить здійснювану дію  $i^* \in A^*(\vec{t}(i^*))$  та відповідний контракт  $\vec{t}(i^*)$  з мінімальним платежем, який максимізує сподівану корисність замовника (з правилом відбору дій на користь дії з найвищим індексом).

Зазначимо, що:

існує принаймні одна дія, яку можна здійснити до застосування канонічного правила відбору (будь-яка дія  $i$  з нульовими витратами  $c_i = 0$  є здійснюваною принаймні через контракт  $\vec{t}(i) = \{t_k = 0, k = 1, \dots, n\}$ );

сподівана корисність  $U_P(i^*; \vec{t}(i^*)) \doteq R_{i^*} - T_{i^*} = \sum_{j=1}^m q_{i^*j} [r_j - t_j(i^*)]$  замовника внаслідок дії  $i$  агента за контрактом  $\vec{t}(i^*)$  є верхньою межею сподіваної корисності замовника при застосуванні будь-якого правила відбору.

Також зазначимо, що вибір дії  $i^* \in A^*(\vec{t}(i^*))$  є сумісним з канонічним правилом відбору.

Припустимо протилежне, коли за контрактом  $\vec{t}(i^*)$  агент обирає іншу дію  $k \neq i^*$ , яка дає строго більшу корисність замовнику, то ця дія є здійснюваною з контрактом  $\vec{t}(i^*)$ :

$$U_P(k; \vec{t}(i^*)) = \sum_{j=1}^m q_{kj} [r_j - t_j(i^*)] > U_P(i^*; \vec{t}(i^*)) \geq \\ U_P(k; \vec{t}(k)) \doteq R_k - T_k = \sum_{j=1}^m q_{kj} [r_j - t_j(k)],$$

звідки

$$\sum_{j=1}^m q_{kj} t_j(i^*) < \sum_{j=1}^m q_{kj} t_j(k),$$

що суперечить припущенню про  $\vec{t}(k)$  як контракт з мінімальним платежем для здійснюваної дії  $k \neq i^*$ . ЛП-підхід має кілька безпосередніх наслідків з погляду обчислювальних аспектів та існування нетривіального оптимального контракту.

Теорії стимулів (Горбачук, & Мартинів, 2009; Горбачук, & Морозов, 2011а), оптимальних контрактів (Горбачук, & Морозов, 2011б; Горбачук, & Морозов, 2011с; Горбачук та ін., 2011) алгоритмічних контрактів (Gorbachuk et al., 2025) є важливими для проектування децентралізованих блокчейнових технологій (Горбачук та ін., 2024; Горбачук та ін., 2025; Romanuk, 2026).

## Література:

1. ГОРБАЧУК, В. М., & МАРТИНІВ, А. М. (2009). Економічні стимули до спільного володіння безпековою інформацією: узагальнення. *Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики*. Ч. 2. Київ: НТУУ «КПІ», 39-40.
2. ГОРБАЧУК, В. М., & МОРОЗОВ, О. О. (2011а). Стимули та страхування. *Економіка та ефективна організація фінансових та виробничих процесів*. Київ: Нова економіка, 39-42.
3. ГОРБАЧУК, В. М., & МОРОЗОВ, О. О. (2011б). Оптимальні контракти за повної інформації. *Стратегії інноваційного розвитку економіки України: проблеми, перспективи, ефективність*. Одеса: Центр економічних досліджень та розвитку, 33-35.
4. ГОРБАЧУК, В. М., & МОРОЗОВ, О. О. (2011с). Механізми переговорів і посередництва для угод. *Вітчизняна наука: сучасний стан, актуальні проблеми та перспективи розвитку*. Переяслав-Хмельницький: Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Г. Сковороди, 39-41.
5. ГОРБАЧУК, В. М., БОЙКО, В. В., & РУСАНОВ, І. А. (2011). Проектирование контрактов в условиях риска. *Теория оптимальных решений*, № 10, 116-122. <http://jnas.nbuu.gov.ua/uk/article/UJRN-0000226894>.
6. ГОРБАЧУК, В. М., НІКОЛЕНКО, Д. І., ПУСТОВОЙТ, М. М., ГОДЛЮК, В. В., & РИБАЧОК, Д. О. (2024). Смарт-контракти в енергетиці. *Використання блокчейн технологій в енергетиці* (5 червня 2024 р., Київ, Україна). Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є.Пухова НАН України, 6-9. <https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2024/07/Матеріали-конференції-ВТЕ2024.pdf>.
7. ГОРБАЧУК, В. М., БАРДАДИМ, Т. О., ДУНАЄВСЬКИЙ, М. С., ГОДЛЮК, В. В., РИБАЧОК, Д. О. (2025). Основи децентралізованих ринків електроенергії.

- Використання блокчейн технологій в енергетиці – 2025* (March 26, Kyiv, Ukraine). Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є.Пухова НАН України, 15-18. <https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2025/05/Матеріали-конференції-ВТЕ2025.pdf>.
8. BALAMCEDA, F., BALSEIRO, S., CORREA, J., & STIER-MOSES, N. E. (2016). Bounds on the welfare loss from moral hazard with limited liability. *Games and Economic Behavior*, 95, 137-155. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2015.10.008>.
  9. CARROLL, G. (2015). Robustness and linear contracts. *American Economic Review*, 105 (2), 536-563. <https://doi.org/10.1257/aer.20131159>.
  10. DUTTING, P., ROUGHGARDEN, T., & TALGAM-COHEN, I. (2019). Simple versus optimal contracts. *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Economics and Computation (EC) (June 24-28, 2019, Phoenix, Arizona, USA)*, 369-387. <https://doi.org/10.1145/3328526.332959>.
  11. DUTTING, P., FELDMAN, M., & TALGAM-COHEN, I. (2024). Algorithmic contract theory: a survey. *Foundations and Trends in Theoretical Computer Science*, 16 (3-4), 211-411. <https://doi.org/10.1561/0400000113>.
  12. FEHR, E., KLEIN, A., & SCHMIDT, K. M. (2007). Fairness and contract design. *Econometrica*, 75 (1), 121-154. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2007.00734.x>.
  13. GEORGIADIS, G., RAVID, D., & SZENTES, B. (2024). Flexible moral hazard problems. *Econometrica*, 92 (2), 387-409. <https://doi.org/10.3982/ECTA21383>.
  14. GONCZAROWSKI, Y. A., & WEINBERG, S. M. (2021). The sample complexity of up-to- $\epsilon$  multidimensional revenue maximization. *Journal of ACM*, 68 (3), 15:1-15:28. <https://doi.org/10.1145/3439722>.
  15. GORBACHUK, V. M., GODLIUK, V. V., & NIKOLENKO, D. I. (2025). To optimal contracts under uncertainty. *Problems of Decision Making under Uncertainties (PDMU-2025)* (September 30 – October 1, 2025, Bielsko-Biala, Poland). Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 63. ISBN 978-617-555-310-7 [https://pdmu.knu.ua/PDMU\\_2025/PDMU-2025.pdf](https://pdmu.knu.ua/PDMU_2025/PDMU-2025.pdf).
  16. GROSSMAN, S. J., & HART, O. D. (1983). An analysis of the principal-agent problem. *Econometrica*, 51 (1), 7-46. <https://www.jstor.org/stable/1912246>.
  17. HOLMSTROM, B. (1979). Moral hazard and observability. *Bell Journal of Economics*, 10 (1), 74-91. <https://doi.org/10.2307/3003320>.
  18. MIRRLEES, J. A. (1999). The theory of moral hazard and unobservable behaviour: Part I. *Review of Economic Studies*, 66 (1), 3-21. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00075>.
  19. PAPADIMITRIOU, C. H. (2006). The complexity of finding a Nash equilibrium. *Algorithmic Game Theory*. N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, V. V. Vazirani (eds.). Cambridge University Press, 29-52. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511800481.004>.
  20. ROGERSON, W. P. (1985). The first-order approach to principal-agent problems. *Econometrica*, 53 (6), 1357-1367. <https://www.jstor.org/stable/1913212>.
  21. ROMANUK, V. V. (2026). Smart contracts in decentralized energy markets: opportunities and regulatory challenges. *Системи та технології*, 1 (71), 107-117. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2026-1-71.15>.
  22. RUBINSTEIN, A. (2018). Inapproximability of nash equilibrium. *SIAM Journal of Computing*, 47 (3), 917-959. <https://doi.org/10.1137/15M1039274>.
  23. SAIG, E., TALGAM-COHEN, I., & ROSENFELD, N. (2023). Delegated classification. *37-th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS) 2023* (December 10-16, 2023, New Orleans, Louisiana, USA), 13200-13236. <https://doi.org/10.52202/075280-0579>.
  24. SAIG, E., EINAV, O., & TALGAM-COHEN, I. (2024). Incentivizing quality text generation via statistical contracts. *38-th Conference on NeurIPS 2024* (December 9 – December 15, 2024, Vancouver, Canada). <https://cris.tau.ac.il/en/publications/incentivizing-quality-text-generation-via-statistical-contracts/>.

25. SCHRIJVER, A. (2003). *Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency*. Algorithms and Combinatorics. 24. Springer. 1881 p. <https://link.springer.com/book/9783540443896>.
26. SHAVELL, S. (1979). Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship. *Bell Journal of Economics*, 10 (1), 55-73. <https://doi.org/10.2307/3003319>.
27. TADELIS, S., & SEGAL, I. (2005). *Lectures in Contract Theory*. 180 p. Berkeley, CA: University of California, Berkeley.  
[https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/econ\\_206\\_notes\\_2006.pdf](https://faculty.haas.berkeley.edu/stadelis/econ_206_notes_2006.pdf).

## 2.7. SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ENGINEERING PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS AGAINST CASCADING ACCIDENTS

### 2.7. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ВІД КАСКАДНИХ АВАРІЙ

Атомні електростанції (АЕС) належать до об'єктів критичної інфраструктури, порушення роботи яких може спричинити радіаційні, техногенні, екологічні та соціальні наслідки. Безпечне функціонування АЕС залежить від збереження систем охолодження, електроживлення, герметизації, радіаційного контролю, управління, зв'язку та аварійного реагування. Відмова однієї з цих систем може впливати на інші елементи інфраструктури та створювати умови для каскадного розвитку аварії.

Інженерний захист АЕС має охоплювати не лише фізичну стійкість будівель, споруд і технологічного обладнання, а й здатність об'єкта підтримувати функції безпеки за умов внутрішніх відмов, зовнішніх уражень, кіберризиків, пошкодження інженерних мереж і забруднення прилеглих територій. Тому вибір контрзаходів повинен ґрунтуватися на аналізі сценаріїв аварійного розвитку, взаємозв'язків між системами АЕС, можливих шляхів поширення небезпечних чинників та наслідків для населення і довкілля.

Нормативне забезпечення інженерного захисту атомних електростанцій формується на перетині вимог до критичної інфраструктури, ядерної та радіаційної безпеки, аварійної готовності й кіберзахисту. Закон України «Про критичну інфраструктуру» задає правову основу для розгляду АЕС як об'єкта, від стійкості якого залежить безпека населення, довкілля, економіки та енергетичної системи. У межах досліджуваної теми це дозволяє визначити критичні функції станції, потенційні загрози їх порушення та загальні вимоги до захисту об'єкта (*Закон України «Про критичну інфраструктуру», 2024*).

Вимоги до ядерної та радіаційної безпеки конкретизуються через Загальні положення безпеки атомних станцій. Для формування методики інженерного захисту ці положення можуть бути використані як основа для визначення критеріїв вибору контрзаходів. До таких критеріїв належать збереження охолодження, електроживлення, герметизації, радіаційного контролю, керованості об'єкта та здатності підтримувати безпечний стан в аварійних умовах (*Державна інспекція ядерного регулювання України, 2024*).

Кіберзахист об'єктів критичної інфраструктури розширює інженерний захист АЕС до рівня цифрової стійкості. Для атомної станції це стосується систем управління, моніторингу, сигналізації, зв'язку та передачі даних. Відмова або компрометація таких систем може ускладнити виявлення аварійного стану, координацію дій персоналу та реалізацію протиаварійних процедур. Тому цифровий компонент має розглядатися разом із фізичними, технічними й організаційними контрзаходами (*Кабінет Міністрів України, 2019*).

Міжнародні документи ІАЕА формують методичну основу для побудови багаторівневої системи захисту АЕС. Принцип *defence in depth* передбачає послідовне застосування бар'єрів і заходів, які запобігають виникненню аварії, обмежують її розвиток і зменшують наслідки у разі втрати окремих елементів захисту. У межах алгоритму інтегрованого вибору контрзаходів це дає змогу розподіляти заходи на превентивні, захисні, локалізаційні, компенсувальні та післяаварійні (*ІАЕА, 2024*).

Управління аваріями на АЕС передбачає виявлення вразливостей станції, розроблення стратегій реагування, перевірку процедур і підготовку персоналу. Для аналізу каскадних аварій такий підхід дозволяє розглядати контрзаходи як узгоджену послідовність дій, спрямованих на стабілізацію стану об'єкта після порушення однієї або кількох функцій безпеки (*ІАЕА, 2019*).

Технічний блок методики безпосередньо пов'язаний із надійністю системи охолодження реактора та пов'язаних із нею систем. У разі каскадного розвитку аварії втрата електроживлення, насосного обладнання або водопостачання може впливати на здатність

станції відводити залишкове тепло. Тому алгоритм вибору контрзаходів має враховувати резервування, автономність роботи, захищеність джерел живлення та можливість відновлення функцій безпеки після пошкодження або відмови окремих елементів (IAEA, 2020).

Цифрові системи ядерних об'єктів беруть участь у моніторингу, передачі даних, фізичному захисті та реалізації аварійних дій. Порушення їхньої роботи може впливати на керованість технологічних процесів і своєчасність реагування. У зв'язку з цим комп'ютерна безпека має бути включена до алгоритму поряд із фізичними та технічними заходами інженерного захисту (IAEA, 2021).

Сценарії зовнішніх уражень розширюють аналіз безпеки АЕС за межі традиційних проєктних аварій. Пошкодження інфраструктури, обмеження доступу персоналу, порушення логістики, втрата зв'язку та ускладнення аварійного реагування можуть одночасно впливати на здатність об'єкта підтримувати критичні функції. Це створює потребу в урахуванні територіальних і організаційних обмежень під час вибору контрзаходів (OECD/NEA, 2025).

Для АЕС, розташованих у зоні можливих зовнішніх уражень, необхідно враховувати стан прилеглої території, транспортної інфраструктури, джерел водопостачання, під'їзних шляхів і зон потенційного забруднення. Ракетно-артилерійські ураження можуть створювати не лише прямі загрози для будівель, споруд і обладнання, а й вторинні наслідки: пожежі, руйнування інженерних мереж, забруднення довкілля, ускладнення евакуації та зниження ефективності аварійного реагування (Рашкевич, 2023).

Алгоритмічний підхід до попередження надзвичайних ситуацій на уражених територіях може бути використаний під час побудови блоку збору вихідних даних для методики інженерного захисту АЕС. Такий блок має включати ідентифікацію небезпечних чинників, оцінювання стану території, аналіз доступності інженерних ресурсів і вибір управлінських або технічних заходів для зменшення ризику розвитку аварійної ситуації (Рашкевич et al., 2024a).

Техногенні наслідки зовнішнього ураження можуть проявлятися через пожежі, пошкодження інженерних мереж, забруднення атмосферного повітря або води, блокування доступу до окремих зон і порушення умов роботи аварійних служб. Для інженерного захисту АЕС це означає, що контрзаходи мають бути спрямовані не лише на захист основного технологічного обладнання, а й на підтримання працездатності допоміжної та зовнішньої інфраструктури (Рашкевич et al., 2024b).

Каскадна аварія може розвиватися в часі через послідовне накопичення наслідків: первинне пошкодження, вторинне порушення суміжних систем, зниження резервування, погіршення умов доступу, поширення забруднення та ускладнення моніторингу. Тому алгоритм інтегрованого вибору контрзаходів має враховувати не тільки поточний стан об'єкта, а й прогноз розвитку небезпеки у часі (Рашкевич et al., 2025a).

Екологічний блок методики має враховувати можливе поширення небезпечних речовин у ґрунтах і ґрунтових водах. У разі пошкодження радіаційно небезпечних елементів або об'єктів поводження з радіоактивними матеріалами забруднювальні речовини можуть виходити за межі первинної зони аварії. Тому алгоритм має враховувати гідрогеологічні умови, шляхи міграції забруднення, потенційні зони накопичення та потребу в інженерних бар'єрах (Рашкевич et al., 2024c; Рашкевич et al., 2025b).

Сценарії пошкодження об'єктів поводження з відпрацьованим ядерним паливом потребують окремого оцінювання радіаційного впливу. Для таких випадків необхідно прогнозувати поширення радіонуклідів, визначати дозові навантаження, встановлювати зони обмеженого доступу, організувати спеціальний моніторинг і визначати захисні заходи для населення та довкілля (Краснов & Рашкевич, 2025; Смірнов et al., 2025).

Геопросторове профілювання території можливого радіаційного забруднення дозволяє поєднати дані про джерело небезпеки, межі ураження, метеорологічні умови, рельєф, гідрогеологічні характеристики та стан інфраструктури. У методиці інженерного захисту АЕС такий просторовий модуль може використовуватися для визначення зон пріоритетного захисту, маршрутів доступу аварійних служб, меж евакуації, місць розміщення тимчасових бар'єрів і пунктів радіаційного контролю (Рашкевич et al., 2025c).

Аналіз наведених джерел показує, що наявні нормативні та наукові підходи достатньо повно розглядають окремі аспекти безпеки АЕС, зокрема ядерну та радіаційну безпеку, аварійне реагування, фізичний захист, кіберзахист і моніторинг наслідків. Водночас недостатньо формалізованим залишається порядок інтегрованого вибору контрзаходів у разі каскадного порушення кількох критичних функцій АЕС. Саме це зумовлює необхідність розроблення алгоритму, який поєднує технічні, організаційні, цифрові, радіаційні, екологічні та інфраструктурні чинники.

*Метою роботи* є обґрунтування методики вибору інженерних контрзаходів для захисту атомних електростанцій від каскадних аварій, спрямованої на запобігання порушенню критичних функцій АЕС, локалізацію розвитку аварійного процесу та зменшення радіаційних, техногенних і екологічних наслідків.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання: визначено критичні функції АЕС і чинники, що можуть спричинити каскадний розвиток аварії; обґрунтовано алгоритм інтегрованого вибору інженерних контрзаходів для захисту АЕС від каскадних аварій; систематизовано групи контрзаходів і критерії їх порівняння з урахуванням технічних, радіаційних, цифрових, екологічних та інфраструктурних чинників.

Критичні функції АЕС доцільно розглядати як сукупність технічних, організаційних та інформаційних процесів, від збереження яких залежить можливість підтримання безпечного стану об'єкта. До таких функцій належать охолодження реактора та басейнів витримки, електроживлення систем безпеки, герметизація радіаційно небезпечних середовищ, радіаційний контроль, зв'язок, управління технологічними процесами, фізичний захист, аварійне реагування та функціонування прилеглої інженерної інфраструктури. Порушення хоча б однієї з цих функцій може створювати умови для послідовного розвитку аварійної ситуації, коли локальна відмова переходить у взаємопов'язане порушення роботи кількох систем.

У межах цієї роботи каскадна аварія розглядається як аварійний процес, за якого первинна відмова або пошкодження окремої системи АЕС спричиняє послідовне порушення інших критичних функцій, що призводить до розширення масштабу небезпеки, ускладнення аварійного управління та зростання радіаційних, техногенних або екологічних наслідків.

Узагальнення критичних функцій АЕС, можливих чинників їх порушення та каскадних наслідків наведено в Таблиці 1.

Аналіз даних Таблиці 1 показує, що найбільш небезпечними для каскадного розвитку аварії є ті порушення, які одночасно впливають на кілька функцій безпеки. Насамперед це стосується втрати електроживлення, порушення охолодження, відмови систем управління і зв'язку, а також обмеження доступу до прилеглої інфраструктури. Саме ці функції мають розглядатися як пріоритетні під час вибору інженерних контрзаходів.

Функція охолодження належить до базових умов збереження безпечного стану АЕС. Її порушення може бути пов'язане з відмовою насосного обладнання, пошкодженням трубопроводів, втратою водопостачання, зниженням ефективності теплообміну або неможливістю відведення залишкового тепла. У разі втрати охолодження аварійний процес може поширюватися на інші системи: електроживлення, аварійний контроль, систему управління та засоби радіаційного моніторингу. Тому під час вибору контрзаходів необхідно оцінювати не лише стан основної системи охолодження, а й наявність резервних джерел води, автономних засобів подавання теплоносія та технічну можливість відновлення тепловідведення після пошкодження окремих елементів (IAEA, 2020).

Функція електроживлення забезпечує роботу систем охолодження, контролю, управління, зв'язку, освітлення, вентиляції та аварійного моніторингу. Її порушення може спричинити втрату керованості частини технологічних процесів, обмеження доступу до даних про стан обладнання та зниження ефективності аварійного реагування. Каскадний розвиток аварії в такому випадку може відбуватися через послідовне відключення систем, залежних від електроживлення. Для запобігання цьому алгоритм вибору контрзаходів має враховувати стан

основних і резервних джерел живлення, автономність їх роботи, захищеність кабельних трас, розподільчих пристроїв і можливість оперативного відновлення електропостачання.

*Таблиця 1. Критичні функції АЕС та чинники їх порушення при каскадному розвитку аварії*

Критична функція АЕС	Можливі чинники порушення	Ймовірний каскадний наслідок	Напрямок контрзаходів
Охолодження реактора та басейнів витримки	Відмова насосів, пошкодження трубопроводів, втрата водопостачання, порушення теплообміну	Перегрів обладнання, зростання аварійного навантаження на суміжні системи	Резервування охолодження, автономні джерела води, мобільні засоби подавання теплоносія
Електроживлення	Втрата зовнішнього живлення, пошкодження кабельних трас, відмова резервних джерел	Зупинка систем охолодження, моніторингу, зв'язку та управління	Резервні й автономні джерела живлення, захист розподільчих систем, дублювання ліній
Герметизація	Пошкодження бар'єрів, деформації конструкцій, розгерметизація інженерних систем	Поширення радіоактивних речовин за межі контрольованих зон	Ізоляція пошкоджених ділянок, контроль тиску й середовища, додаткові інженерні бар'єри
Радіаційний контроль	Відмова датчиків, втрата передачі даних, обмеження доступу до зон контролю	Недостатність даних для вибору захисних заходів	Дублювання контролю, мобільні вимірювальні засоби, геопросторова прив'язка даних
Зв'язок і управління	Пошкодження каналів зв'язку, цифрових систем, пунктів управління	Затримка аварійних дій, втрата координації персоналу	Резервні канали зв'язку, захист цифрових систем, дублювання процедур управління
Прилегла інфраструктура	Пошкодження доріг, електромереж, водопостачання, пожежної інфраструктури	Обмеження доступу, доставки ресурсів і реагування	Просторове профілювання території, альтернативні маршрути, розміщення резервних ресурсів

Герметизація виконує функцію утримання радіоактивних речовин у межах передбачених бар'єрів. Її порушення може бути наслідком механічного пошкодження конструкцій, втрати щільності інженерних систем, підвищення тиску, температурних деформацій або деградації елементів захисту. У разі втрати герметизації аварія переходить із внутрішньосистемного рівня до рівня потенційного радіаційного впливу на персонал, населення та довкілля. Тому контрзаходи мають передбачати оцінювання стану бар'єрів безпеки, ізоляцію пошкоджених ділянок, контроль параметрів середовища та заходи з обмеження поширення радіоактивних речовин.

Радіаційний контроль забезпечує отримання даних про стан об'єкта, рівень забруднення, дозові навантаження та можливе поширення радіонуклідів. Порушення цієї функції ускладнює оцінювання масштабу аварії та вибір захисних заходів. Якщо дані радіаційного моніторингу відсутні або надходять із затримкою, прийняття рішень щодо доступу персоналу, евакуації, обмеження територій і розміщення аварійних підрозділів стає менш обґрунтованим. У цьому випадку алгоритм має передбачати дублювання каналів контролю, використання мобільних засобів вимірювання, просторову прив'язку результатів моніторингу та їх інтеграцію з даними про метеорологічні й гідрогеологічні умови (Краснов, & Рашкевич, 2025; Рашкевич et al., 2025с).

Функції зв'язку та управління забезпечують координацію персоналу, передачу інформації про стан систем, реалізацію аварійних процедур і взаємодію з зовнішніми службами. Їх порушення може призвести до втрати керованості аварійною ситуацією навіть за наявності працездатних технічних систем. Каскадний ефект у такому випадку полягає в тому, що технічна відмова посилюється організаційною неузгодженістю, затримкою команд або неможливістю підтвердити фактичний стан об'єкта. З огляду на це контрзаходи мають

включати резервні канали зв'язку, дублювання систем передачі даних, захист цифрових систем і перевірені процедури аварійного управління (IAEA, 2019; IAEA, 2021).

Стан прилеглої інфраструктури впливає на здатність АЕС підтримувати безпечний режим і реалізовувати аварійні заходи. До таких елементів належать зовнішні лінії електропередачі, дороги, під'їзні шляхи, системи водопостачання, пожежогасіння, зв'язку, логістики, евакуаційні маршрути та території можливого розміщення аварійних ресурсів. Пошкодження цієї інфраструктури може не порушувати технологічні системи безпосередньо, але обмежувати доступ персоналу, техніки, запасів води, палива, мобільних джерел живлення та засобів радіаційного контролю. У зв'язку з цим алгоритм вибору контрзаходів має враховувати не лише стан самої АЕС, а й умови функціонування прилеглої території (Рашкевич, 2023; Рашкевич et al., 2024a).

Каскадний розвиток аварії може бути спричинений поєднанням кількох чинників: втратою охолодження, відмовою електроживлення, пошкодженням систем управління, порушенням герметизації, відсутністю достовірного радіаційного контролю, обмеженням доступу до об'єкта або поширенням небезпечних речовин за межі первинної зони. Такі сценарії не завжди розвиваються миттєво. У частині випадків небезпека наростає в часі через погіршення теплового стану, зниження резервування, накопичення пошкоджень, забруднення території або втрату можливості оперативного втручання (Рашкевич et al., 2025a).

Для систематизації цих зв'язків доцільно розглядати АЕС як сукупність взаємозалежних функціональних блоків. Порушення кожного блоку має оцінюватися за трьома параметрами: вплив на функції безпеки, здатність до резервування або компенсації та можливість поширення наслідків на інші системи. Такий підхід дозволяє визначити, які функції потребують першочергового захисту, які контрзаходи мають бути підготовлені до початку аварійного процесу, а які повинні застосовуватися для локалізації або компенсації вже наявного порушення.

Отже, критичні функції АЕС слід визначати не ізольовано, а через їх взаємозв'язки та здатність впливати одна на одну в аварійному процесі. Каскадний розвиток аварії виникає тоді, коли порушення окремої функції не компенсується резервуванням або організаційними діями та переходить у послідовну втрату інших функцій безпеки. Це обґрунтовує необхідність алгоритму, у якому вибір контрзаходів виконується з урахуванням стану технологічних систем, цифрового управління, радіаційного контролю, інженерної інфраструктури та можливих наслідків для прилеглих територій.

Алгоритм інтегрованого вибору контрзаходів для інженерного захисту АЕС доцільно розглядати як поетапний порядок аналізу загроз, критичних функцій станції, можливих каскадних відмов і наслідків аварійного розвитку. Його призначення полягає у виборі таких технічних, організаційних, захисних і післяаварійних заходів, які дозволяють запобігти порушенню функцій безпеки, локалізувати аварійний процес або зменшити його радіаційні, техногенні та екологічні наслідки.

Вихідною умовою для побудови алгоритму є визначення критичних функцій АЕС. До них належать охолодження реактора та басейнів витримки, електроживлення систем безпеки, герметизація радіаційно небезпечних середовищ, радіаційний контроль, управління технологічними процесами, зв'язок, кіберзахист, фізичний захист і функціонування прилеглої інженерної інфраструктури. Порушення кожної з цих функцій має оцінюватися не ізольовано, а з урахуванням можливого впливу на інші системи. Наприклад, втрата електроживлення може призвести до обмеження роботи систем охолодження, моніторингу, зв'язку та аварійного управління, що створює передумови для каскадного розвитку аварії (IAEA, 2019; IAEA, 2020).

Перший етап алгоритму передбачає ідентифікацію загроз. На цьому етапі визначаються внутрішні технічні відмови, зовнішні впливи, пожежі, порушення електропостачання, відмова систем охолодження, пошкодження інженерних мереж, кіберінциденти, радіаційні ризики та небезпечні процеси на прилеглих територіях. Для кожної загрози встановлюється джерело виникнення, зона впливу, можливий час розвитку, залежність від інших систем і потенційні наслідки для критичних функцій АЕС.

Другий етап полягає в оцінюванні вразливості критичних функцій. Для цього аналізується, які системи забезпечують кожну функцію, які резерви передбачені, які елементи мають найбільшу залежність від зовнішньої інфраструктури та які відмови можуть спричинити ланцюговий розвиток аварії. Такий аналіз дозволяє встановити не лише сам факт наявності загрози, а й можливість її переходу в каскадну подію. У межах цього етапу доцільно оцінювати резервування систем охолодження, автономність електроживлення, захищеність цифрових систем, стан бар'єрів безпеки та доступність засобів аварійного реагування.

Третій етап передбачає побудову сценаріїв каскадного розвитку аварії. Сценарій має описувати послідовність подій: початкове пошкодження або відмова, порушення критичної функції, вплив на суміжні системи, розвиток вторинних наслідків і можливі межі поширення небезпеки. Наприклад, пошкодження зовнішнього електропостачання може перейти у втрату живлення насосного обладнання, порушення охолодження, зростання теплового навантаження, ускладнення контролю параметрів і потребу в застосуванні автономних джерел живлення та мобільних засобів охолодження.

Четвертий етап пов'язаний із вибором контрзаходів.

З урахуванням характеру впливу на аварійний процес інженерні контрзаходи доцільно систематизувати за функціональним призначенням, що наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2. Групи інженерних контрзаходів для захисту АЕС від каскадних аварій

Група контрзаходів	Призначення	Приклади заходів	Очікуваний результат
Превентивні	Зменшення ймовірності порушення критичних функцій АЕС	Резервування електроживлення, захист кабельних трас, підвищення фізичної стійкості будівель і споруд, профілактичний контроль обладнання	Зниження ймовірності початкової відмови або пошкодження
Захисні	Зменшення впливу небезпечного чинника на системи АЕС	Інженерні бар'єри, протипожежний захист, захист систем управління, укриття критичного обладнання, кіберзахист	Зменшення масштабу пошкодження та збереження працездатності систем
Локалізаційні	Обмеження поширення аварійного процесу	Ізоляція пошкоджених ділянок, локалізація витоків, обмеження доступу, відсікання аварійних контурів	Недопущення переходу локальної події в каскадну аварію
Компенсувальні	Тимчасове відновлення або заміщення втраченої функції	Мобільні джерела живлення, резервні насоси, автономні засоби охолодження, переносні засоби радіаційного контролю	Підтримання критичних функцій до відновлення штатних систем
Післяаварійні	Контроль наслідків і стабілізація стану об'єкта	Радіаційний моніторинг, дезактивація, екологічне прогнозування, геопросторове профілювання, контроль ґрунтів і вод	Зменшення радіаційних, техногенних та екологічних наслідків
Організаційно-управлінські	Забезпечення узгодженості дій персоналу й аварійних служб	Аварійні плани, дублювання каналів зв'язку, навчання персоналу, сценарії реагування, координація з зовнішніми службами	Скорочення часу реагування та підвищення керованості аварійної ситуації

П'ятий етап алгоритму передбачає порівняння можливих контрзаходів за набором критеріїв. До таких критеріїв належать здатність заходу зберігати або відновлювати критичну функцію, швидкість реалізації, технічна здійсненність, залежність від зовнішньої інфраструктури, потреба в персоналі, вплив на суміжні системи, рівень зменшення ризику та можливість застосування в умовах обмеженого доступу. Для сценаріїв із радіаційними або екологічними наслідками додатково враховуються прогноз поширення радіонуклідів, гідрогеологічні умови, стан ґрунтів і ґрунтових вод, напрямки можливого забруднення та межі зон обмеженого доступу (Рашкевич et al., 2024c; Краснов, & Рашкевич, 2025; Рашкевич et al., 2025c).

Шостий етап полягає у формуванні інтегрованого рішення. Воно не повинно зводитися до вибору одного заходу, оскільки каскадна аварія зазвичай потребує поєднання кількох взаємодоповнювальних контрзаходів. Наприклад, для сценарію втрати електроживлення та порушення охолодження рішення може включати введення резервних джерел живлення, підключення мобільних насосів, забезпечення запасу води, відновлення каналів зв'язку, посилення радіаційного контролю та підготовку до локалізації можливого забруднення. Такий підхід відповідає принципу багаторівневого захисту, за якого безпека об'єкта забезпечується не одним бар'єром, а сукупністю взаємопов'язаних заходів (IAEA, 2024).

Завершальним етапом є моніторинг ефективності прийнятих рішень. Після реалізації контрзаходів необхідно контролювати стан критичних функцій, зміну параметрів технологічних систем, радіаційну обстановку, стан прилеглої інфраструктури та можливе поширення небезпечних чинників. Отримані дані мають використовуватися для уточнення сценаріїв розвитку аварії, коригування контрзаходів і переходу від аварійного реагування до стабілізації стану об'єкта.

Узагальнений алгоритм інтегрованого вибору контрзаходів наведено в Таблиці 3.

Таблиця 3. Алгоритм інтегрованого вибору контрзаходів для інженерного захисту АЕС

Етап алгоритму	Зміст етапу	Вихідні дані	Результат етапу
1. Ідентифікація загроз	Визначення внутрішніх і зовнішніх чинників, здатних порушити роботу АЕС	Дані про технічний стан систем, зовнішні впливи, кіберризик, стан інфраструктури, радіаційні та екологічні загрози	Перелік потенційних загроз для критичних функцій АЕС
2. Визначення критичних функцій	Встановлення функцій, від яких залежить безпечний стан об'єкта	Дані про системи охолодження, електроживлення, герметизації, радіаційного контролю, зв'язку та управління	Перелік функцій, що потребують першочергового захисту
3. Оцінювання вразливості систем	Аналіз здатності систем зберігати працездатність під дією загроз	Відомості про резервування, автономність, захищеність, залежність від зовнішньої інфраструктури	Визначення слабких місць і потенційних точок каскадного розвитку
4. Побудова сценаріїв каскадної аварії	Встановлення послідовності можливих відмов і вторинних наслідків	Дані про взаємозв'язки між системами, часовий розвиток подій, можливі вторинні ефекти	Сценарії переходу локальної відмови в каскадну аварію
5. Вибір груп контрзаходів	Добір превентивних, захисних, локалізаційних, компенсувальних і післяаварійних заходів	Результати аналізу загроз, вразливостей і сценаріїв аварійного розвитку	Перелік можливих контрзаходів для кожного сценарію
6. Порівняння контрзаходів	Оцінювання заходів за ефективністю, швидкістю реалізації, ресурсами та впливом на функції безпеки	Технічні, організаційні, ресурсні, радіаційні та екологічні критерії	Вибір найбільш обґрунтованої комбінації заходів
7. Формування інтегрованого рішення	Поєднання кількох контрзаходів у єдину схему реагування	Обрані заходи, сценарій аварії, стан систем і території	Комплексне рішення щодо інженерного захисту АЕС
8. Моніторинг і коригування	Контроль ефективності реалізованих заходів і уточнення рішень	Дані радіаційного контролю, технічного моніторингу, геопросторового аналізу та екологічного прогнозу	Коригування контрзаходів відповідно до зміни аварійної ситуації

Практичне застосування алгоритму передбачає, що для кожного аварійного сценарію спочатку визначається порушена або потенційно вразлива критична функція, після чого встановлюються суміжні системи, на які може поширитися вплив. Далі формується перелік можливих контрзаходів, які порівнюються за критеріями ефективності, швидкості реалізації, автономності, ресурсної забезпеченості та впливу на інші функції безпеки. За результатами такого порівняння обирається не окремий захід, а раціональна комбінація превентивних, захисних, локалізаційних, компенсувальних і післяаварійних дій.

Для підвищення обґрунтованості вибору інженерних контрзаходів доцільно визначити критерії їх порівняння, які враховують здатність заходу зберігати або відновлювати критичні функції АЕС, швидкість реалізації, автономність, ресурсну забезпеченість, вплив на суміжні системи та радіаційно-екологічний ефект. Узагальнення таких критеріїв наведено в Таблиці 4.

Таблиця 4. Критерії порівняння інженерних контрзаходів

Критерій	Зміст критерію	Що дозволяє оцінити
Вплив на критичну функцію	Чи зберігає або відновлює захід охолодження, живлення, герметизацію, контроль чи управління	Функціональну ефективність заходу
Час реалізації	Скільки часу потрібно для введення заходу в дію	Придатність для аварійної фази
Автономність	Залежність заходу від зовнішнього живлення, води, персоналу, логістики	Стійкість в умовах обмеженого доступу
Ресурсна забезпеченість	Потреба в обладнанні, персоналі, паливі, матеріалах	Реалістичність застосування
Вплив на суміжні системи	Чи не створює захід додаткових ризиків для інших функцій	Безпеку інтегрованого рішення
Радіаційно-екологічний ефект	Здатність зменшити поширення радіонуклідів і забруднення території	Ефективність післяаварійного захисту

Наведені в Таблиці 4 критерії формують методичну основу для порівняння можливих контрзаходів і вибору їх раціональної комбінації з урахуванням характеру загрози, стану критичних функцій АЕС та можливих каскадних наслідків.

Таким чином, методика розглядається як поетапний порядок оцінювання загроз, визначення критичних функцій АЕС, аналізу можливих ланцюгових відмов і вибору комплексу заходів для збереження або відновлення функцій безпеки.

1. Визначено критичні функції АЕС, порушення яких може спричинити каскадний розвиток аварії. До них віднесено охолодження реактора та басейнів витримки, електроживлення систем безпеки, герметизацію радіаційно небезпечних середовищ, радіаційний контроль, зв'язок, управління, фізичний захист і функціонування прилеглої інженерної інфраструктури. Обґрунтовано, що ці функції необхідно розглядати як взаємопов'язану систему, у якій відмова одного елемента може спричинити вторинне порушення суміжних систем і перехід локальної події в каскадну аварію.

2. Обґрунтовано алгоритм інтегрованого вибору інженерних контрзаходів для захисту АЕС від каскадних аварій. Алгоритм передбачає послідовну ідентифікацію загроз, визначення критичних функцій, оцінювання вразливості систем, побудову сценаріїв каскадного розвитку аварії, вибір і порівняння контрзаходів, формування інтегрованого рішення, а також моніторинг і коригування прийнятих заходів. Запропонований підхід дозволяє перейти від реагування на окрему технічну відмову до комплексного управління аварійним процесом із урахуванням технічних, радіаційних, цифрових, екологічних та інфраструктурних чинників.

3. Систематизовано інженерні контрзаходи та критерії їх порівняння для захисту АЕС від каскадних аварій. Контрзаходи згруповано за функціональним призначенням на превентивні, захисні, локалізаційні, компенсувальні, післяаварійні та організаційно-управлінські. Для їх обґрунтованого вибору визначено критерії, що враховують вплив заходу на критичні функції АЕС, час реалізації, автономність, ресурсну забезпеченість, вплив на суміжні системи та радіаційно-екологічний ефект.

## Література:

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру». (2024). Від 16. 11. 2021 № 1882-ІХ. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Поточна редакція від 21. 09. 2024.

2. *Державна інспекція ядерного регулювання України.* (2024). Про внесення змін до Загальних положень безпеки атомних станцій: наказ від 04. 03. 2024 № 195. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
3. *Кабінет Міністрів України.* (2019). Про затвердження Загальних вимог з кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури: постанова від 19. 06. 2019 № 518. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
4. КРАСНОВ, В. А., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2025). Оцінка радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива. *Комунальне господарство міст. Серія: Інформаційні технології та інженерія*, 6 (194), 74-81. DOI: 10.33042/3083-6727-2025-6-194-74-81.
5. РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 4 (178), 232-251. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251.
6. РАШКЕВИЧ, Н. В., КРАСНОВ, В. А., & ГУЗЬ, А. С. (2025). Процедури геопросторового профілювання території можливого радіаційного забруднення внаслідок ракетно-артилерійських уражень. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, 111, 158-165. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.111.0.158.
7. РАШКЕВИЧ, Н. В., КРАСНОВ, В. А., & РАШКЕВИЧ, О. С. (2025). Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях. *Техногенно-екологічна безпека*, 18 (2/2025), 23-33. DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3.
8. РАШКЕВИЧ, Н. В., РАШКЕВИЧ, О. С., РЕБРОВ, О. В., & ШЕВЧЕНКО, Р. І. (2024). Попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру в зоні бойових дій. *Комунальне господарство міст*, 4 (185), 211-220. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-4-185-211-220.
9. РАШКЕВИЧ, Н. В., РУЦАК, І. І., & РАШКЕВИЧ, О. С. (2025). Аналіз динаміки надзвичайних ситуацій, спричинених ракетно-артилерійськими обстрілами. *Комунальне господарство міст*, 4 (192), 400-408. DOI: 10.33042/3083-6727-2025-4-192-400-408.
10. РАШКЕВИЧ, Н. В., ШЕВЧЕНКО, Р. І., & ВОВЧУК, Т. С. (2024). Формування математичної моделі аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод міських агломерацій від ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 1 (182), 229-240. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-229-240.
11. РАШКЕВИЧ, Н. В., ШЕВЧЕНКО, Р. І., & НЕШПОР, О. В. (2024). Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 3 (184), 223-228. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228.
12. СМІРНОВ, А. В., КРАСНОВ, В. А., & СЕРБИН, В. А. (2025). Оцінка екологічного стану території навколо сховища відпрацьованого ядерного палива. *Безпека людини у сучасних умовах: збірник доповідей XVII Міжнародної науково-методичної конференції, Харків, НТУ «ХПІ», 4-5 грудня 2025 р.*, 152-153.
13. IAEA. (2019). Accident management programmes for nuclear power plants. IAEA Safety Standards Series No. SSG-54. Vienna: International Atomic Energy Agency.
14. IAEA. (2020). Design of the reactor coolant system and associated systems for nuclear power plants. IAEA Safety Standards Series No. SSG-56. Vienna: International Atomic Energy Agency.
15. IAEA. (2021). Computer security at nuclear facilities. IAEA Nuclear Security Series No. 17-T (Rev. 1). Vienna: International Atomic Energy Agency.
16. IAEA. (2024). Application of the principle of defence in depth in nuclear safety. INSAG Series No. 27. Vienna: International Atomic Energy Agency.

17. *OECD/NEA*. (2025). Radiological protection during armed conflict: Improving regulatory and operational resilience. Paris: Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development.

## 2.8. SCIENTIFIC APPROACHES TO THE RESTORATION OF DAMAGED BUILDINGS CONSIDERING THEIR RESIDUAL SERVICE LIFE

### 2.8. НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

Пошкодження будівель і споруд унаслідок пожеж, вибухових впливів, техногенних аварій, воєнних уражень і тривалої експлуатації змінюють умови роботи конструктивних елементів та будівлі як єдиної просторової системи. У таких випадках виникає потреба не лише у фіксації видимих дефектів, а й у визначенні фактичного технічного стану конструкцій, залишкової несучої здатності та можливості їх подальшої експлуатації. Оцінювання пошкоджених будівель має враховувати характер пошкоджень, зміну фізико-механічних характеристик матеріалів, перерозподіл зусиль між елементами та вплив подальших експлуатаційних навантажень.

Визначення залишкового ресурсу будівельних конструкцій пов'язане з поєднанням результатів технічного обстеження, інструментального контролю, розрахункового аналізу напружено-деформованого стану та прогнозування подальшої роботи конструкцій. У роботах, присвячених залишковому ресурсу та технічному стану будівельних конструкцій, обґрунтовується підхід, за якого рішення щодо ремонту, підсилення, реконструкції або демонтажу приймається на основі фактичних параметрів конструктивної системи, а не лише за результатами візуального огляду (Otrosh et al., 2018; Отрош та ін., 2011).

Конструкції, що зазнали пожежного або високотемпературного впливу, потребують окремого аналізу в межах оцінювання пошкоджених будівель. Нагрівання бетону, арматури та сталевих елементів супроводжується зміною міцності, жорсткості, деформативності та характеру тріщиноутворення. Тому після пожежі слід встановлювати не тільки зовнішні ознаки пошкодження, а й фактичну залишкову несучу здатність елементів. Такі питання розглядаються у працях, присвячених оцінюванню стану стін та перекриттів після пожежі, розрахунковій оцінці вогнестійкості плит перекриття та дослідженню роботи залізобетонних балок за високотемпературних впливів (Отрош, 2016; Поздєєв та ін., 2016; Otrosh et al., 2019).

Для оцінювання пожежного впливу на конструкції застосовуються розрахункові, експериментальні та комп'ютерні методи. Вони дозволяють визначати температурний режим у перерізах елементів, зміну властивостей матеріалів, межу вогнестійкості та можливість збереження несучої здатності після дії високих температур. Дослідження вогнестійкості залізобетонних конструкцій, у тому числі із застосуванням вогнезахисних покриттів, створюють основу для подальшого аналізу залишкового ресурсу будівель після пожежі та вибору заходів з їх відновлення (Kovalov et al., 2018; Kovalov et al., 2022; Отрош та ін., 2022; Отрош та ін., 2023).

Після надзвичайних подій, зокрема пожеж, вибухів, ракетно-артилерійських уражень або локальних руйнувань, першочергово проводять оперативне оцінювання пошкоджень. Його результатом має бути визначення рівня небезпеки, можливості доступу до будівлі, потреби в додатковому інструментальному обстеженні та необхідності аварійних заходів. Для уточнення стану матеріалів і конструкцій застосовуються неруйнівні методи контролю, які дають змогу отримати дані про фактичну міцність, наявність прихованих дефектів і зони найбільшого пошкодження без додаткового руйнування елементів (Рашкевич а ін., 2025; Rashkevich et al., 2025a; Rashkevich et al., 2025b).

Подальше використання пошкоджених або відновлених будівель потребує контролю зміни їхнього технічного стану в часі. Системи моніторингу дозволяють фіксувати деформації, переміщення, зміну параметрів конструкцій і розвиток пошкоджень у процесі експлуатації. У поєднанні з цифровими моделями та розрахунковими методами моніторинг може використовуватися для уточнення прогнозу залишкового ресурсу та коригування інженерних рішень щодо підсилення або обмеження експлуатації будівлі (Отрош, 2018; Rashkevich et al., 2025c).

Поряд із традиційними методами відновлення конструкцій розглядаються нові технологічні рішення, зокрема використання будівельного 3D-друку для створення конструктивних елементів. Такі підходи потребують окремого розрахункового обґрунтування міцнісних характеристик і контролю якості, однак можуть бути враховані як напрям розвитку технологій відновлення або заміни пошкоджених елементів у післяаварійному будівництві (Soshinskiy et al., 2025).

*Метою роботи* є аналіз наукових підходів до оцінювання технічного стану та залишкового ресурсу пошкоджених будівель на основі досліджень, присвячених технічній діагностиці, вогнестійкості, високотемпературним впливам, неруйнівному контролю, моніторингу та технологіям відновлення будівельних конструкцій.

Для досягнення поставленої мети доцільно:

1. Проаналізувати основні фактори пошкодження будівельних конструкцій.
2. Узагальнити наукові підходи до оцінювання технічного стану пошкоджених будівель.
3. Систематизувати підходи до прийняття інженерних рішень щодо відновлення пошкоджених будівель.

**Аналіз основних факторів пошкодження будівельних конструкцій.** Пошкодження будівельних конструкцій виникають унаслідок дії чинників, які змінюють початкові умови роботи матеріалів, окремих елементів і будівлі як конструктивної системи. Для оцінювання технічного стану слід встановити не лише наявність дефектів, а й причину їх виникнення, механізм розвитку та вплив на несучу здатність конструкцій.

До факторів пошкодження належать експлуатаційні, природні, інженерно-геологічні, техногенні, пожежні, високотемпературні, вибухові та воєнні впливи. Кожна з цих груп має різний механізм дії, однак у реальних умовах вони часто поєднуються між собою, формуючи складну картину пошкоджень.

Експлуатаційні фактори пов'язані з тривалим використанням будівлі, фізичним зносом матеріалів, корозією арматури й металевих елементів, зволоженням конструкцій, появою тріщин, порушенням захисних шарів і зміною умов навантаження. Такі пошкодження зазвичай розвиваються поступово, але з часом можуть призводити до зниження жорсткості, втрати частини несучої здатності та зміни напружено-деформованого стану конструкцій (Otrosh et al., 2018; Отрош та ін., 2011).

Природні та інженерно-геологічні фактори включають осідання ґрунтів, нерівномірні деформації основи, підтоплення, вплив ґрунтових вод, температурно-вологісні коливання, морозне руйнування матеріалів і сейсмічні впливи. Їх дія може спричинити деформації фундаментів, появу похилих і вертикальних тріщин у стінах, перекося конструкцій та порушення просторової жорсткості будівлі.

Техногенні фактори зумовлені аваріями, перевищенням проєктних навантажень, вібраціями, порушенням технології будівництва, помилками проєктування, використанням неякісних матеріалів, переплануванням або втручанням у несучі конструкції. У таких випадках однакові зовнішні ознаки можуть мати різне походження, тому потрібно встановлювати причину появи дефекту.

Пожежний і високотемпературний вплив змінює фізико-механічні властивості матеріалів навіть тоді, коли конструкція зовні не має значних руйнувань. Для залізобетонних елементів дія високих температур супроводжується зниженням міцності бетону, порушенням зчеплення арматури з бетоном, утворенням температурних тріщин, відшаруванням захисного шару, збільшенням деформацій і зменшенням жорсткості. Тому після пожежі необхідно встановлювати фактичну залишкову несучу здатність конструкцій, а не обмежуватися візуальним оглядом (Отрош, 2016; Поздєєв та ін., 2016; Otrosh et al., 2019; Rashkevich et al., 2025a; Rashkevich et al., 2025b).

Вибухові та динамічні впливи характеризуються короткочасною дією навантаження високої інтенсивності. Вони можуть спричинити локальне руйнування конструктивних елементів, пробиття, відколювання бетону, пошкодження вузлів з'єднання, деформації плит,

колон, балок і стін. Небезпека таких пошкоджень полягає у можливому перерозподілі зусиль після втрати або ослаблення окремого елемента.

Воєнні ураження зазвичай поєднують дію ударної хвилі, уламків, локальних пробиттів, пожежі, динамічних навантажень і часткового руйнування несучих елементів. Для таких об'єктів характерна нерівномірність пошкоджень: окремі ділянки можуть мати локальні дефекти, тоді як інші перебувають у передаварійному або аварійному стані. Первинне оперативне оцінювання має бути спрямоване на визначення небезпечних зон, можливості доступу до будівлі та потреби в подальшому інструментальному обстеженні (Рашкевич та ін., 2025; Rashkevich et al., 2025c).

Комбіновані пошкодження виникають у разі послідовної або одночасної дії кількох факторів. Наприклад, вибух може спричинити локальне руйнування несучих елементів, після чого пожежа додатково знижує міцність бетону та сталі. Якщо будівля до цього вже мала експлуатаційний знос, корозійні пошкодження або деформації основи, її фактичний залишковий ресурс визначається сукупною дією попереднього стану, аварійного впливу та подальших умов експлуатації.

**Оцінювання технічного стану пошкоджених будівель.** Оцінювання технічного стану пошкоджених будівель передбачає встановлення фактичних параметрів конструкцій, причин виникнення дефектів та їхнього впливу на подальшу роботу будівлі. У наукових дослідженнях цей процес розглядається як послідовність взаємопов'язаних етапів: первинне обстеження, інструментальна діагностика, визначення характеристик матеріалів, розрахункова перевірка несучої здатності та прийняття рішення щодо подальшої експлуатації або відновлення конструкцій (Отрош та ін., 2011; Otrosh et al., 2018).

Первинне візуальне обстеження дає змогу встановити наявність тріщин, деформацій, корозійних пошкоджень, відшарувань, локальних руйнувань і порушень геометрії конструктивних елементів. На цьому етапі визначають ділянки, які потребують детальнішого дослідження, а також попередньо оцінюють рівень небезпеки подальшої експлуатації будівлі.

Інструментальне обстеження застосовується для уточнення параметрів, які неможливо достовірно визначити лише за зовнішніми ознаками. До таких параметрів належать фактична міцність бетону, стан арматури, глибина тріщин, величина деформацій, просторові переміщення конструкцій, наявність внутрішніх порожнин або зон ослаблення матеріалу. Результати такого обстеження мають бути пов'язані з розрахунковою оцінкою напружено-деформованого стану будівлі (Отрош та ін., 2011).

Неруйнівний контроль уточнює фактичний стан пошкоджених конструкцій. Його застосування дозволяє визначити міцність бетону, зони термічного пошкодження, ділянки структурного ослаблення та приховані дефекти без додаткового руйнування елементів. Для конструкцій після пожежі такі методи дають вихідні дані для подальшої розрахункової перевірки та вибору способу відновлення (Rashkevich et al., 2025a; Rashkevich et al., 2025b).

Розрахункові та комп'ютерні методи використовуються для визначення залишкової несучої здатності, оцінювання напружено-деформованого стану та аналізу можливого перерозподілу зусиль після пошкодження окремих елементів. Поєднання результатів обстеження з чисельним моделюванням дозволяє перейти від опису дефектів до кількісного оцінювання роботи конструктивної системи (Otrosh et al., 2018; Otrosh et al., 2019).

Для об'єктів, що зазнали надзвичайних подій або воєнних уражень, застосовується оперативне оцінювання технічного стану. Його метою є швидке встановлення небезпечних зон, можливості доступу до будівлі, характеру пошкоджень і потреби в подальшому детальному обстеженні. У таких умовах оцінювання виконується з урахуванням обмеженого часу, небезпеки повторних впливів і стану прилеглої інфраструктури (Рашкевич та ін., 2025; Rashkevich et al., 2025c).

Моніторинг технічного стану застосовують для будівель, у яких існує ризик подальшого розвитку пошкоджень. Він забезпечує контроль деформацій, переміщень і зміни параметрів конструкцій у процесі експлуатації. Після ремонту або підсилення моніторинг може

використовуватися для перевірки ефективності прийнятих інженерних рішень і своєчасного виявлення небезпечних змін (Отрош, 2018).

### **Прийняття інженерних рішень щодо відновлення пошкоджених будівель.**

Прийняття інженерних рішень щодо відновлення пошкоджених будівель має ґрунтуватися на результатах технічного обстеження, оцінюванні залишкової несучої здатності та прогнозі подальшої роботи конструкцій.

На першому етапі встановлюють можливість безпечного доступу до об'єкта, наявність аварійних ділянок, характер локальних руйнувань, деформацій, тріщин і зон, що потребують обмеження експлуатації. Для будівель, пошкоджених унаслідок надзвичайних подій або воєнних уражень, враховують також зовнішні небезпеки, стан прилеглої території та інженерної інфраструктури (Рашкевич та ін., 2025; Rashkevich et al., 2025c).

Наступним етапом є детальне технічне обстеження конструкцій. Його завданням є визначення фактичного стану несучих елементів, уточнення міцності матеріалів, виявлення прихованих дефектів і встановлення причин пошкоджень. Для конструкцій після пожежі оцінюють наслідки високотемпературного впливу, оскільки бетон, арматура та сталеві елементи можуть втрачати частину міцності й жорсткості без очевидних зовнішніх ознак руйнування (Отрош, 2016; Rashkevich et al., 2025a; Rashkevich et al., 2025b).

Після цього виконується розрахункова перевірка конструкцій з урахуванням фактичних пошкоджень. У розрахункову модель доцільно вводити уточнені характеристики матеріалів, втрати перерізу, тріщини, зони термічного ослаблення, пошкодження вузлів і змінені умови роботи елементів. Такий підхід дозволяє визначити, чи зберігає конструкція необхідну несучу здатність, чи потребує підсилення або заміни (Поздєєв та ін., 2016; Kovalov et al., 2018; Kovalov et al., 2022; Отрош та ін., 2022).

Залишковий ресурс пошкодженої будівлі слід розглядати як прогнозований період, протягом якого конструктивна система здатна зберігати необхідний рівень несучої здатності, жорсткості, стійкості та експлуатаційної придатності з урахуванням наявних пошкоджень і можливого їх подальшого розвитку. Його оцінювання безпосередньо пов'язане з фактичним технічним станом конструкцій, оскільки виявлені дефекти, деформації, тріщини, корозійні пошкодження, зони термічного ослаблення або локальні руйнування визначають початкові умови для подальшого прогнозу. Якщо пошкодження зменшують несучу здатність, змінюють жорсткість елементів, порушують роботу вузлів або спричиняють перерозподіл зусиль у конструктивній системі, залишковий ресурс скорочується і потребує уточнення за результатами розрахункової перевірки.

Прогноз розвитку пошкоджень є проміжною ланкою між оцінюванням технічного стану та вибором способу відновлення. Для цього враховують імовірність збільшення тріщин, подальшого зниження міцності матеріалів, розвитку корозії, зростання деформацій, осідань або втрати просторової жорсткості будівлі. Якщо прогноз показує стабільний стан конструкцій і достатній запас несучої здатності, доцільним є рішення про подальшу експлуатацію або ремонт. У разі недостатнього запасу несучої здатності, але за можливості відновлення працездатності конструкцій, обґрунтовується підсилення, реконструкція або часткова заміна елементів. Якщо розрахунки та прогноз свідчать про вичерпання залишкового ресурсу, аварійний стан або ризик подальшого руйнування, приймається рішення щодо обмеження експлуатації чи демонтажу.

За результатами обстеження, розрахункової перевірки та оцінювання залишкового ресурсу обирають один із варіантів рішення: подальшу експлуатацію без конструктивного втручання, ремонт, підсилення, реконструкцію, часткову заміну елементів, обмеження експлуатації або демонтаж.

Моніторинг технічного стану застосовують для будівель, у яких після пошкодження або підсилення зберігається ризик розвитку деформацій, тріщин чи інших дефектів. Він дає змогу контролювати зміну параметрів конструкцій у часі, уточнювати прогноз залишкового ресурсу та перевіряти ефективність прийнятих інженерних рішень (Отрош, 2018).

У Таблиці 1 наведено узагальнення результатів аналізу підходів до оцінювання та відновлення пошкоджених будівель.

*Таблиця 1. Узагальнення результатів аналізу підходів до оцінювання та відновлення пошкоджених будівель*

Етап оцінювання	Що встановлюється	Методи та вихідні дані	Практичний результат
Аналіз факторів пошкодження	Походження, масштаб і механізм розвитку пошкоджень	Аналіз експлуатаційних, природних, інженерно-геологічних, техногенних, пожежних, вибухових і воєнних впливів	Встановлення причини пошкодження та ймовірності його подальшого розвитку
Первинне обстеження	Видимі дефекти, аварійні ділянки, можливість безпечного доступу до будівлі	Візуальний огляд, фотофіксація, дефектна відомість, попередня класифікація пошкоджень	Визначення ділянок, що потребують обмеження доступу, аварійних заходів або детального обстеження
Інструментальна діагностика	Фактичні геометричні параметри, деформації, переміщення, тріщини та стан матеріалів	Геодезичні вимірювання, контроль тріщин, визначення міцності матеріалів, обміри конструкцій	Уточнення фактичного технічного стану несучих і огорожувальних конструкцій
Неруйнівний контроль	Приховані дефекти, зони ослаблення матеріалу, залишкова міцність конструкцій	Ультразвукові, механічні, тепловізійні та інші методи неруйнівного контролю	Формування вихідних даних для розрахункової перевірки без додаткового руйнування конструкцій
Розрахункова перевірка	Залишкова несуча здатність, жорсткість, стійкість і просторовий характер роботи будівлі	Розрахункова модель з урахуванням фактичних пошкоджень, втрати перерізу, тріщин, зміни властивостей матеріалів і пошкодження вузлів	Визначення здатності конструкцій сприймати навантаження після пошкодження
Оцінювання залишкового ресурсу	Можливість безпечної експлуатації будівлі протягом заданого періоду	Дані обстеження, результати неруйнівного контролю, розрахункова перевірка, прогноз розвитку пошкоджень	Обґрунтування доцільності подальшої експлуатації, ремонту, підсилення, реконструкції або демонтажу
Вибір способу відновлення	Доцільний інженерний захід для конкретного технічного стану будівлі	Порівняння рівня пошкоджень, залишкової несучої здатності, залишкового ресурсу та умов подальшої експлуатації	Прийняття рішення: експлуатація без втручання, ремонт, підсилення, реконструкція, обмеження експлуатації або демонтаж
Моніторинг після відновлення	Зміна параметрів конструкцій у часі після ремонту або підсилення	Контроль деформацій, переміщень, тріщин, технічного стану та роботи підсилених елементів	Перевірка ефективності прийнятого рішення та уточнення прогнозу залишкового ресурсу

Таким чином, оцінювання пошкоджених будівель доцільно розглядати як послідовний інженерний процес, що поєднує встановлення причин пошкоджень, визначення фактичного технічного стану конструкцій, розрахункову перевірку їх несучої здатності, прогноз розвитку дефектів і вибір способу подальшого відновлення або експлуатації.

1. Встановлено, що технічний стан пошкодженої будівлі формується під дією експлуатаційних, природних, інженерно-геологічних, техногенних, пожежних, високотемпературних, вибухових і воєнних чинників. Їх дія може знижувати несучу здатність, жорсткість, стійкість і експлуатаційну придатність окремих конструкцій та будівлі як єдиної просторової системи.

2. Обґрунтовано, що залишковий ресурс пошкодженої будівлі пов'язаний із фактичним технічним станом конструкцій, їх залишковою несучою здатністю та прогнозом подальшого розвитку пошкоджень. Саме цей взаємозв'язок визначає вибір інженерного рішення щодо

подальшої експлуатації, ремонту, підсилення, реконструкції, обмеження експлуатації або демонтажу.

3. Систематизовано послідовність прийняття інженерних рішень щодо пошкоджених будівель: первинне обстеження, інструментальна діагностика, неруйнівний контроль, розрахункова перевірка, оцінювання залишкового ресурсу, вибір способу відновлення та подальший моніторинг. Така послідовність забезпечує перехід від опису окремих дефектів до обґрунтованого рішення щодо подальшої експлуатації, ремонту, підсилення, реконструкції або демонтажу будівлі.

### Література:

1. ДАНЧЕНКО, Ю. М., КАЧКАР, Є. В., & РАШКЕВИЧ, Н. В. (2023). Дослідження впливу чинників на вогнестійкість перегородок із сендвіч-панелей. *Комунальне господарство міст*, 1 (175), 145-150. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-1-175-145-150.
2. ОТРОШ, Ю. А. (2016). Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*, 1 (46), 212-220.
3. ОТРОШ, Ю. А. (2018). Використання системи моніторингу для оцінки технічного стану будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, 3, 1-7.
4. ОТРОШ, Ю. А., ГОЛОДНОВ, О. І., & ІВАНОВ, А. П. (2011). Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*, 8, 98-109.
5. ОТРОШ, Ю. А., КОВАЛЬОВ, А. І., ПУРДЕНКО, Р. Р., РАШКЕВИЧ, Н. В., & МАЙБОРОДА, Р. І. (2022). Вогнестійкість вогнезахищених залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. *Проблеми надзвичайних ситуацій*, 2 (36), 102-122. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-36-9.
6. ОТРОШ, Ю. А., КОВАЛЬОВ, А. І., РАШКЕВИЧ, Н. В., & ТАРАНЕНКО, І. С. (2023). Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій. *Комунальне господарство міст*, 3 (177), 134-141. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-3-177-134-141.
7. ПОЗДЄЄВ, С. В., ОТРОШ, Ю. А., НИЖНИК, В. В., & ФЕДЧЕНКО, І. В. (2016). Розрахунковий метод оцінки вогнестійкості плити перекриття. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, 2, 28-33.
8. РАШКЕВИЧ, Н. В., ШЕВЧЕНКО, Р. І., КАРПЕНКО, К., ШЕВЧЕНКО, О. С., РУЩАК, І., & ДМИТРИШЕНКО, О. (2025). Методика оперативного оцінювання пошкоджень будівельних конструкцій внаслідок надзвичайних подій. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, 9 (1), 127-137.
9. KOVALOV, A., OTROSH, Y., OSTROVERKH, O., HRUSHOVINCHUK, O., & SAVCHENKO, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. DOI: 10.1051/e3sconf/20186000003.
10. KOVALOV, A., PURDENKO, R., OTROSH, Y., TOMENKO, V., RASHKEVICH, N., SHCHOLOKOV, E., PIDHORNYY, M., ZOLOTOVA, N., & SUPRUN, O. (2022). Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 53-61. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266219.
11. OTROSH, Y., KOVALOV, A., SEMKIV, O., RUDESHKO, I., & DIVEN, V. (2018). Methodology remaining lifetime determination of the building structures. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02023. DOI: 10.1051/matecconf/201823002023.

12. OTROSH, Y., SURIANINOV, M., GOLODNOV, A., & STAROVA, O. (2019). Experimental and computer researches of ferroconcrete beams at high-temperature influences. *Materials Science Forum*, 968, 355-360. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.968.355.
13. RASHKEVICH, N., OTROSH, V., SHYOGOLEVA, M., & TYSHCHENKO, O. (2025). Evaluation of fire-damaged concrete structures using the non-destructive testing. *Advances in Science and Technology*, 170, 121-129. DOI: 10.4028/p-h5AMzs.
14. RASHKEVICH, N., OTROSH, V., TYSHCHENKO, I., & TSVIRKUN, S. (2025). Investigation of thermal damage and structural weakness in concrete. *Key Engineering Materials*, 1028, 49-57. DOI: 10.4028/p-8VvCj1.
15. RASHKEVICH, N., SHEVCHENKO, R., & YEREMENKO, S. (2025). Development of an organizational and technical method of emergency prevention of technological character on the territory which was attacked by rocket and artillery impacts. *Systems, Decision and Control in Energy VII. Studies in Systems, Decision and Control*, 595, 717-747. DOI: 10.1007/978-3-031-90466-0\_33.
16. SOSHINSKIY, O., RASHKEVICH, N., SHAKHOV, S., & MELNYCHENKO, A. (2025). Formulating a calculation methodology for assessing the strength characteristics of building structures constructed with a construction 3D printer. *Solid State Phenomena*, 380, 73-81. DOI: 10.4028/p-n2d6ld.

## 2.9. THE TRANSFORMATION OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES UNDER THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

### 2.9. ТРАНСФОРМАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У сучасних умовах глобальної цифровізації, технологічної конкуренції та структурних економічних трансформацій штучний інтелект (ШІ) перетворився з експериментального інструменту на стратегічний імператив для бізнесу будь-якого масштабу. Особливого значення ця тенденція набуває для малих та середніх підприємств (МСП), які становлять понад 90% суб'єктів господарювання в більшості країн світу, забезпечуючи зайнятість, інноваційну активність, податкові надходження та макроекономічну стійкість національних економік. Незважаючи на значний трансформаційний потенціал, впровадження ШІ-технологій у діяльність МСП залишається несистемним, нерівномірним та контекстуально залежним, що зумовлено специфікою ресурсної бази, організаційної структури, управлінської культури та ринкового середовища таких підприємств.

Теоретико-методологічний фундамент дослідження використання технологій штучного інтелекту у діяльності МСП ґрунтується на інтеграції кількох усталених концептуальних рамок, серед яких домінують технологічно-організаційно-середовищна модель (ТОЕ), теорія дифузії інновацій (DOI) та ресурсно-орієнтований підхід (RBV).

Дослідники наголошують, що успішність впровадження ШІ залежить не стільки від технічних характеристик алгоритмів, обсягу навчальних даних чи обчислювальної потужності, скільки від здатності підприємства адаптувати технологію до внутрішніх бізнес-процесів, організаційної культури, стилю управління та зовнішнього ринкового контексту. Емпіричні верифікації моделі ТОЕ у контексті МСП демонструють, що технологічна сумісність, відносна перевага та спостережуваність результатів є необхідними, але недостатніми умовами для інтеграції ШІ; ключову роль відіграють організаційна готовність, стратегічне лідерство власників або топ-менеджменту, а також підтримка з боку державних інституцій, галузевих асоціацій та освітніх закладів (Mathagu, 2024; Oldemeyer et al., 2024; Schwaewe et al., 2024). При цьому дифузійна теорія пояснює, чому впровадження ШІ в МСП має нелінійний, пороговий характер: початкова фаза характеризується низьким рівнем усвідомлення, високим сприйняттям технологічного та операційного ризику, відсутністю чітких кейсів успіху, після чого слідує стрибок у масовому впровадженні лише після подолання критичного порогу внутрішніх компетенцій, інфраструктурної підтримки та зовнішнього тиску конкурентів (Zhang et al., 2022). Ресурсно-орієнтований підхід доповнює ці рамки, підкреслюючи, що ШІ стає джерелом стійкої конкурентної переваги лише тоді, коли інтегрується в унікальну комбінацію організаційних ресурсів, які важко імітувати конкурентам: корпоративних знань, управлінських практик, мережевих зв'язків та даних орієнтованої культури (Shaik et al., 2024; Soomro et al., 2025).

Систематизація наявних досліджень дозволяє ідентифікувати основні вектори застосування ШІ-технологій у діяльності малих і середніх підприємств, кожен з яких характеризується власним рівнем технологічної зрілості та потенціалом трансформаційного впливу.

Найбільш поширеним та водночас найбільш очевидним застосуванням ШІ-технологій у діяльності МСП є автоматизація операційних процесів. Технології машинного навчання та роботизованої автоматизації процесів дозволяють автоматизувати рутинні повторювані завдання у сферах бухгалтерського обліку, обробки замовлень, управління запасами, документообігу тощо. Сучасні дослідження та практика впровадження свідчать, що автоматизація на базі ШІ виходить далеко за межі простого копіювання дій людини. Виділяють наступні ключові рівні трансформації операційних процесів:

1. Роботизована автоматизація процесів (RPA) як базовий рівень. RPA – це програмне забезпечення, яке імітує дії людини за комп'ютером: відкриття вкладок у браузері, копіювання

даних, заповнення форм, натискання кнопок. Як зазначають експерти, «це програмне забезпечення, яке робить те, що робить людина, але робить це 24/7 без помилок». RPA дозволяє автоматизувати типові завдання, такі як копіювання даних з вебсайту в CRM чи Excel, автоматичне заповнення документів на основі шаблонів, перевірка платежів та звірення залишків, генерація звітів на основі даних з кількох джерел. Результатом є звільнення персоналу від рутинної праці, що дозволяє зосередитися на творчих та стратегічних завданнях (Terratex LTD, 2025).

2. Інтелектуальна автоматизація процесів (IPA) як просунутий рівень. IPA поєднує RPA з технологіями штучного інтелекту та машинного навчання. На відміну від простого RPA, який копіює дії людини, IPA приймає рішення на основі даних: аналізує замовлення та визначає оптимальні терміни доставки, читає текстові листи та витягує ключову інформацію, прогнозує попит на основі історичних даних, розпізнає аномалії та попереджає про проблеми, автоматично розподіляє завдання між командою. За даними досліджень, впровадження RPA дозволяє скоротити цифрові відходи на 62% та зменшити час підготовки звітів до 66% (Nunes, 2025).

3. Глибинна трансформація: автоматизація знань та документообігу. Сучасний ШІ виходить за межі автоматизації простих дій, трансформуючи роботу з документами та знаннями. Інтелектуальна обробка документів (IDP) та ШІ-розпізнавання дозволяють системам «читати документи, розуміти їхній зміст, витягувати потрібні дані, шукати інформацію в тексті, аналізувати документи та знаходити важливі деталі». Як зазначає дослідник, значна частина корпоративної інформації (від 80% до 90% даних) залишається неструктурованою, що ускладнює її пошук та аналіз. AI-системи здатні автоматично визначати тип документа (рахунок, договір, акт), розпізнавати текст, витягувати ключові дані (суми, дати, сторони) та передавати їх у системи обліку або бізнес-процеси. Особливу цінність для МСП становлять інструменти на кшталт ChatGPT, які можуть аналізувати фінансові звіти, виділяти найбільш суттєві зміни: які статті витрат зросли, які товари стали лідерами продажів, або які витрати потребують оптимізації (Дембицька, 2026).

4. Документування та стандартизація бізнес-процесів на основі ШІ-технологій. Інноваційним напрямом є використання великих мовних моделей для документування бізнес-процесів. Дослідження показують, що ШІ-інструменти можуть діяти як консультанти: вони спілкуються з працівниками, запитуючи про їхні щоденні завдання, і автоматично створюють професійні блок-схеми (діаграми BPMN) на основі їхніх відповідей. Це робить професійну документацію процесів доступною та недорогою для МСП, усуваючи потребу в дорогих аналітиках. Такий підхід дозволяє не лише автоматизувати існуючі процеси, але й стандартизувати їх, створюючи основу для подальшого масштабування бізнесу (Unnikrishnan, 2025).

Таким чином, автоматизація на базі технологій штучного інтелекту у діяльності МСП трансформується від простого інструменту економії часу до стратегічного драйвера підвищення якості рішень, стандартизації діяльності та створення доданої вартості. Як свідчать дослідження, компанії, які впроваджують RPA, повідомляють про підвищення задоволеності та продуктивності працівників шляхом усунення повторюваних завдань і надання нових можливостей зосередитися на стратегічних ініціативах та інноваціях.

Окремого значення набуває впровадження штучного інтелекту у сфері цифрового маркетингу та реклами, що є одним із найбільш доступних інструментів для МСП, оскільки вони можуть бути використані для підготовки текстових матеріалів, рекламних повідомлень та візуального супроводу. Персоналізація email-кампаній з метою підвищення показників відкриття та клікабельності, а також автоматизоване управління публікаціями у соціальних мережах дозволять малому та середньому бізнесу підтримувати стабільний контакт із клієнтами без значних часових витрат. Застосування штучного інтелекту в цьому напрямі сприятиме підвищенню узгодженості маркетингових повідомлень і більш ефективному використанню цифрових каналів просування.

Інтеграція штучного інтелекту у маркетингові та комунікаційні процеси малих та середніх підприємств створює передумови для подальшого використання цих технологій у сфері обслуговування клієнтів. Підвищення ефективності взаємодії з аудиторією та персоналізація пропозицій природно ведуть до розвитку систем підтримки клієнтів, де ШІ може забезпечити більш оперативне, точне та послідовне надання послуг, оптимізуючи комунікації та зміцнюючи довіру споживачів. Одним із перспективних напрямів цифрової трансформації малого та середнього бізнесу є інтеграція чат-ботів у системи підтримки клієнтів. Чат-боти – це інтелектуальні програмні рішення, що базуються на алгоритмах штучного інтелекту та технологіях обробки природної мови. Вони забезпечують автоматизовану взаємодію з користувачами в режимі реального часу та здатні оперативно відповідати на запити клієнтів. Завдяки механізмам машинного навчання такі системи поступово підвищують точність і релевантність відповідей, наближаючи комунікацію до форм людського спілкування. Використання чат-ботів може забезпечити багатомовну цілодобову підтримку, що дозволить малим та середнім підприємствам обслуговувати клієнтів незалежно від фізичної присутності персоналу (*Ecommerce Fastlane*, 2025). Реалізація цих можливостей відбувається через програми, у яких чат-боти інтегруються як складова сервісної інфраструктури. Наприклад, платформа Zendesk дає можливість працівникам служби підтримки клієнтів приділяти більше уваги складним випадкам, замість того, щоб витрачати час на обробку базової інформації. Аналізуючи відгуки та уподобання, штучний інтелект може ідентифікувати області, які потребують покращення, і відповідно адаптувати процеси обслуговування (*Acer Blog*, 2025). Емпіричні дані свідчать, що впровадження ШІ у маркетингові процеси пояснює до 61% варіації у показниках організаційного навчання та ринкового росту в країнах з ринками, що розвиваються, де традиційні канали комунікації втрачають ефективність (*Abrokwah-Larbi*, 2024).

Крім того, ШІ надає МСП нові можливості для аналізу даних та прогнозування. Великі обсяги даних, що генеруються у процесі ведення бізнесу, можуть бути використані для виявлення закономірностей, аналізу потреб клієнтів та прогнозування ринкових трендів. Впровадження інструментів для аналізу даних, таких як системи на основі ШІ, дозволяє малим та середнім компаніям приймати більш обґрунтовані та своєчасні рішення, що у свою чергу, допомагає оптимізувати стратегічні процеси, від прогнозування попиту до покращення управління постачанням. Платформи бізнес-аналітики на основі штучного інтелекту, зокрема Microsoft Power BI та Google Analytics, здатні збирати дані з різних джерел і перетворювати їх на аналітичну інформацію. Важливим елементом такого підходу стане використання інструментів візуальної аналітики, таких як Tableau, що забезпечать централізацію даних і їх подання у зрозумілому графічному форматі задля підвищення доступності аналітичної інформації для власників і працівників малих та середніх підприємств (*Vadym AI Blog*, 2025).

Конвергенція технологій штучного інтелекту та інтернету речей відкриває для суб'єктів малого та середнього підприємництва нові можливості: відстеження складських залишків у реальному часі, прогнозування збоїв у постачанні та оптимізацію логістичних маршрутів. Ardito et al. переконливо доводять, що синергетичний ефект від одночасного впровадження ШІ та IoT у МСП є статистично значущим і перевищує ефект від окремого застосування кожної з технологій. Це пояснюється тим, що IoT забезпечує ШІ-системи потоками даних у реальному часі, що суттєво підвищує точність прогнозних моделей (*Ardito et al.*, 2024).

Серед вагомих напрямів використання штучного інтелекту слід виокремити підтримку багатомовної комунікації та функцію мовного перекладу, реалізація яких створює передумови для успішної міжнародної експансії підприємств малого та середнього бізнесу. Малі та середні підприємства можуть мати труднощі з виходом на місцеві та регіональні ринки, що зумовлено мовними, торговельними та культурними бар'єрами. Більшість невеликих компаній, які ефективно здійснюють міжнародну діяльність, використовують інструменти автоматизованого перекладу, такі як Google Translate, проте останні досягнення у сфері ШІ значно підвищили якість перекладу, що створює потенційні можливості взаємодії з партнерами та клієнтами за кордоном.

Комунікація є ключовою складовою бізнес-процесів, а інтеграція сучасних сервісів перекладу, як Bing Microsoft Translation, значно розширює можливості для малих та середніх підприємств (*Acer Blog, 2025*). Сучасні інструменти перекладу забезпечують підтримку широкого спектру мов, що дозволить компаніям розширити межі своєї діяльності. Крім того, багатомовні чат-боти можуть істотно покращити досвід міжнародних клієнтів, забезпечивши миттєві та точні відповіді на їхні запитання. Штучний інтелект також може підтримувати локалізацію контенту, адаптовуючи матеріали та комунікації відповідно до культурних особливостей цільових ринків, що підвищить ефективність міжнародних продажів та зміцнить бренд підприємства.

Найбільш трансформаційний вплив ШІ проявляється у переосмисленні самих бізнес-моделей МСП. Shaik et al. у своєму дослідженні стратегічних інновацій бізнес-моделей під впливом ШІ-технологій доходять висновку, що ШІ-орієнтовані МСП демонструють значно вищу здатність до адаптації та диверсифікації порівняно з традиційними конкурентами. При цьому особливу роль відіграє можливість монетизації даних як нового стратегічного активу та перехід від транзакційних до підписних і платформних моделей доходу (Shaik et al., 2024).

Отже, можна стверджувати, що застосування технологій штучного інтелекту малими та середніми підприємствами забезпечують суттєвий економічний ефект, зумовлений їх системним і багатомірним впливом на ключові показники та результати господарської діяльності МСП. По-перше, ШІ сприяє оптимізації операційних процесів, що зменшує витрати часу та ресурсів на рутинні завдання, підвищуючи продуктивність праці. По-друге, автоматизація аналізу даних та прогнозування попиту дозволяє підприємствам приймати більш обґрунтовані управлінські та маркетингові рішення, що позитивно впливає на доходи та рентабельність. По-третє, застосування ШІ відкриває можливості для розробки нових продуктів і послуг, підвищення якості обслуговування клієнтів та виходу на нові ринки, що зміцнює конкурентні позиції МСБ. По-четверте, використання ШІ сприяє формуванню нематеріальних економічних вигод, зокрема зростанню інноваційного потенціалу, підвищенню конкурентоспроможності та посиленню ринкових позицій МСП. У довгостроковій перспективі це трансформується у стійкий економічний ефект не лише на рівні окремих підприємств, а й на рівні галузей та національної економіки в цілому.

На Рисунку 1 систематизовано ключові напрями впливу технологій штучного інтелекту на результативність діяльності малих та середніх підприємств (*Acer Blog, 2025; Vadym AI Blog, 2025; Ecommerce Fastlane, 2025*).

Українські МСП здійснюють цифрову трансформацію під впливом технологій штучного інтелекту в принципово відмінному контексті порівняно з підприємствами розвинених країн: в умовах збройного конфлікту, руйнування інфраструктури, масштабної міграції кваліфікованих кадрів та значної макроекономічної нестабільності. Ці чинники одночасно ускладнюють і прискорюють цифровізацію. Деструктивні ефекти (втрата кадрів, знищення фізичної інфраструктури) посилюють ресурсні обмеження, тоді як необхідність пристосування до нових умов господарювання формує додаткові стимули для впровадження технологій, що підвищують операційну гнучкість і стійкість.

Попри несприятливе зовнішнє середовище, прослідковується парадоксальна тенденція активного використання ШІ-технологій українських МСП. Як показало опитування, 93% компаній вже використовують ШІ-технології у сфері торгівлі, маркетингу та Public Relations (Fedorov, 2026).

Значущим чинником прискорення цифровізації МСП в Україні є міжнародна технічна та фінансова підтримка: програми EU4Digital, USAID Digital Transformation та Дія. Державні та приватні програми навчають підприємців практичним аспектам інтеграції інтелектуальних систем у щоденні бізнес-процеси, від аналітики й прогнозування до автоматизації комунікацій і маркетингових кампаній (*Дія.Бізнес, 2025*). Такі програми допомагають бізнесу не лише опанувати технології, а й ефективно інтегрувати їх у власні операційні моделі, забезпечуючи реальні покращення показників продуктивності та обслуговування клієнтів.

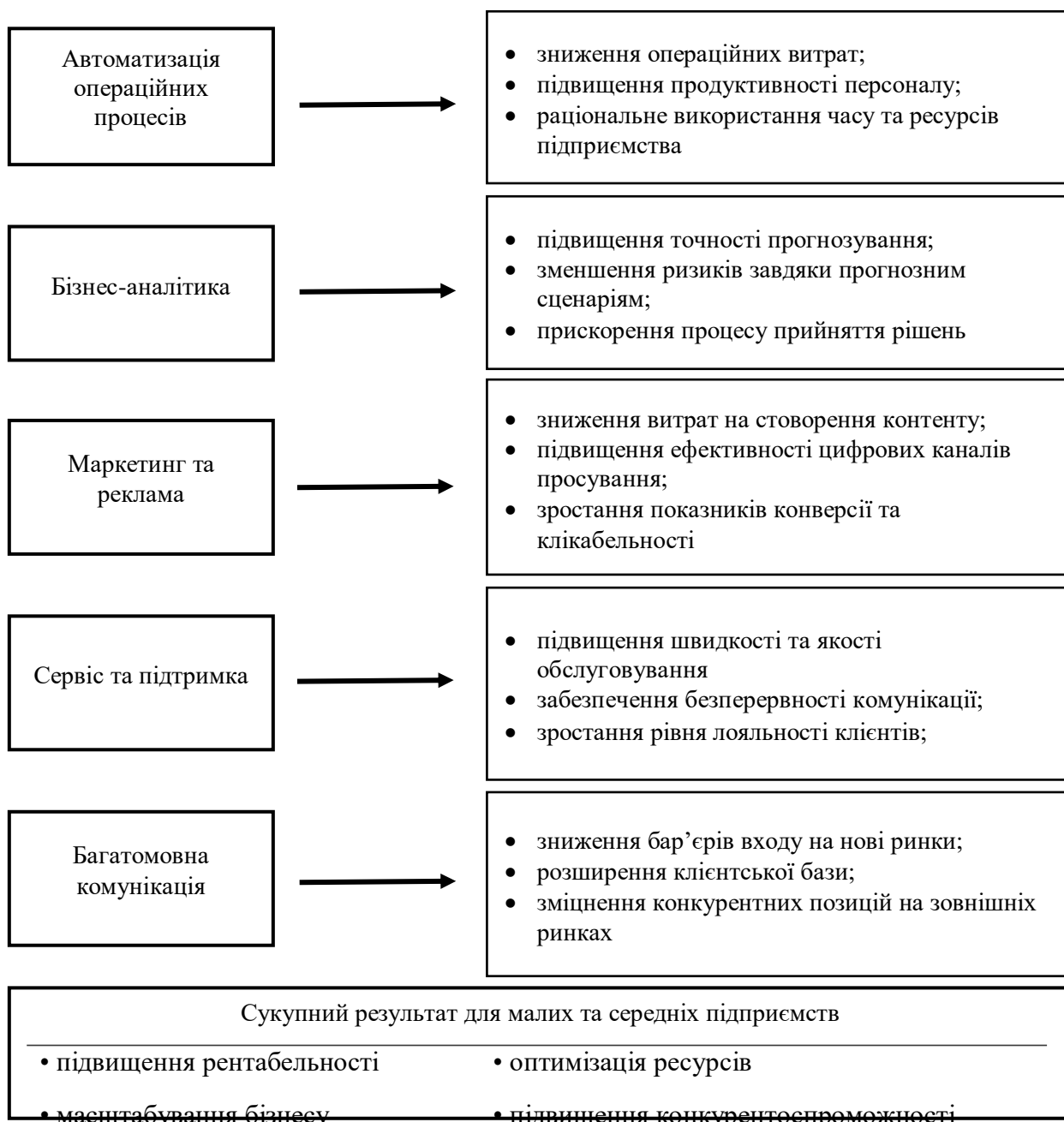


Рис. 1. Економічний ефект використання ІІТ-технологій у діяльності підприємств МСП

Незважаючи на значний потенціал застосування штучного інтелекту для підвищення ефективності діяльності малих та середніх підприємств, процес його інтеграції супроводжується низкою комплексних викликів, які мають системний характер і потребують зваженого управлінського підходу. Одним із ключових бар'єрів є якість даних, оскільки масиви інформації, з якими працюють підприємства, часто формуються фрагментарно та без єдиних стандартів обробки. Дані можуть зберігатися в різних форматах, бути неповними, застарілими або містити логічні помилки, що значно ускладнює використання алгоритмів машинного навчання та генеративних моделей. Внаслідок цього автоматизовані системи можуть генерувати неточні або хибні результати, що негативно впливає на ефективність маркетингових кампаній, прогнозування продажів та управління клієнтськими базами.

Ще одним суттєвим обмеженням є технологічна сумісність та інтеграція штучного інтелекту у наявні бізнес-процеси. Багато малих та середніх підприємств використовують застарілі облікові та управлінські системи, які не підтримують сучасні інструменти автоматизації. Це створює додаткові витрати на модернізацію інфраструктури та навчання персоналу, що може стати серйозним стримуючим фактором для підприємств з обмеженим

бюджетом. Організаційна структура малих та середніх компаній також часто не передбачає спеціалізованих аналітичних або IT-підрозділів, здатних забезпечувати повноцінну підтримку впровадження нових технологій. Унаслідок цього процеси налаштування, моніторингу та адаптації інструментів штучного інтелекту відбуваються без достатнього рівня технологічної експертизи, що підвищує операційні ризики та ймовірність помилок (УНІАН, 2025).

Окремим викликом є використання штучного інтелекту для генерації внутрішніх нормативних документів і процедур, зокрема, в МСП така практика є привабливою з огляду на економію часу та відсутність фахівців, однак вона супроводжується підвищеними ризиками. Генеративні системи не несуть відповідальності за наслідки впровадження створених ними документів, що може призвести до управлінських помилок, правової невизначеності або фінансових санкцій з боку регуляторних органів. Таким чином, без належної експертної перевірки використання ШІ у внутрішньому документообігу може трансформувати короткострокову вигоду в довгострокові витрати для малого та середнього підприємства (Бойко, 2025).

Важливим аспектом впровадження штучного інтелекту в діяльності МСП є потреба у цілеспрямованому навчанні персоналу та розвитку цифрових компетенцій. Ефективне використання інтелектуальних систем вимагає не лише доступу до технологій, а й наявності знань щодо принципів їх функціонування, можливостей практичного застосування та коректної інтерпретації результатів. За відсутності відповідної підготовки персоналу інструменти штучного навчання використовуються обмежено та формально, що знижує їх управлінську та економічну цінність. У цьому контексті навчання співробітників, проведення внутрішніх тренінгів і поступове нарощування цифрових навичок стають необхідними умовами інтеграції ШІ у діяльність підприємства.

Не менш важливими є економічні обмеження, пов'язані з вартістю впровадження штучного інтелекту. Хоча існують відносно доступні сервіси та платформи, ефективне застосування технологій у діяльності МСП часто потребує індивідуальної адаптації систем, інтеграції з існуючими програмними рішеннями, навчання персоналу та підтримки в процесі експлуатації. Без ретельного планування такі витрати можуть перевищити очікувану економічну вигоду, особливо на початковому етапі.

Крім того, існують виклики, пов'язані з безпекою даних та кіберзагрозами. Системи штучного інтелекту стають новим каналом для потенційних атак, включно з фішингом, неправомірним доступом до конфіденційної інформації або маніпуляцією алгоритмами, що може призвести до втрати довіри клієнтів або репутаційних втрат. Для малого та середнього бізнесу навіть невеликий інцидент може мати суттєвий негативний ефект, оскільки ресурси для відновлення обмежені (Огнівчук, 2025).

Регуляторні та юридичні аспекти також становлять значну перешкоду. В Україні нормативна база щодо застосування штучного інтелекту поки що формується, і підприємства зіштовхуються з необхідністю дотримання загальних норм захисту кібербезпеки та електронної комерції. Для МСБ це означає додаткові витрати на аудит даних, контроль алгоритмів та забезпечення відповідності вимогам контролюючих органів. Недостатня готовність до виконання таких вимог може обмежити здатність компаній конкурувати з більшими підприємствами, які мають ресурси для покриття усіх регуляторних витрат.

З огляду на це, трансформація діяльності МСП під впливом технологій штучного інтелекту в Україні потребує комплексного підходу, який поєднує технічні, організаційні, економічні та регуляторні аспекти. Важливими є не лише поступове інтегрування технологій, а й постійний моніторинг якості даних, аудит алгоритмів, навчання співробітників і розробка внутрішніх процедур управління ризиками. Лише такий системний підхід дозволить максимізувати вигоду від застосування штучного інтелекту, мінімізувати негативні наслідки та забезпечити стійкий розвиток підприємництва у сучасних умовах цифрової трансформації.

Проведене дослідження дозволяє зробити низку теоретично та практично значущих висновків щодо ролі технологій штучного інтелекту у трансформації діяльності малих та середніх підприємств.

По-перше, впровадження ШІ у діяльність МСП є багатовимірним, нелінійним та контекстуально залежним процесом, успішність якого визначається складною взаємодією технологічних, організаційних, середовищних, освітніх та інституційних факторів. Моделі TOE та DOI, доповнені ресурсно-орієнтованим підходом та теорією динамічних здатностей, залишаються найбільш адекватними теоретичними рамками для пояснення динаміки цифрової трансформації малих та середніх підприємств, проте потребують адаптації до умов високої невизначеності, децентралізованих мереж та швидких ринкових змін.

По-друге, впровадження технологій штучного інтелекту забезпечує системну якісну трансформацію операційної моделі МСП, яка охоплює автоматизацію рутинних бізнес-процесів, оптимізацію управління ресурсами, зростання точності прогнозних моделей ринкової кон'юнктури та попиту, удосконалення процесів управління логістичними ланцюгами, а також нівелювання мовних бар'єрів і підвищення ефективності клієнтських комунікацій.

По-третє, інтелектуальні технології ШІ генерують відчутний економічний ефект завдяки системному та масштабному впливу на розвиток МСП, який проявляється як у формі прямих фінансових вигод, так і у вигляді нематеріальних результатів. У стратегічній перспективі кумулятивний вплив ШІ-технологій трансформується у стійкий економічний ефект, що забезпечує позитивну динаміку не лише на мікрорівні окремих суб'єктів господарювання, а й на мезо- та макрорівнях – охоплюючи цілі галузі та національну економіку в цілому.

По-четверте, в умовах України трансформація МСП під впливом ШІ відбувається у специфічному контексті збройного конфлікту та економічної нестабільності, що одночасно ускладнює і прискорює цифровізацію.

По-п'яте, процес трансформації діяльності МСП за допомогою технологій ШІ ускладнюється комплексом системних обмежень, серед яких ключовими є недостатня якість і структурованість даних, технологічна несумісність із наявними інформаційними системами, обмежені фінансові ресурси, дефіцит цифрових компетенцій персоналу, а також загрози кібербезпеки й невизначеність регуляторного поля. Сукупний вплив зазначених чинників може істотно знижувати результативність використання технологій ШІ або стримувати процес їх практичного впровадження. Підтримка ШІ-трансформації МСП потребує скоординованих зусиль держави, міжнародних партнерів та бізнес-спільноти, спрямованих на формування відповідної компетентнісної, фінансової та інституційної інфраструктури.

## Література:

1. БОЙКО, Д. (2025). Регуляція штучного інтелекту та бізнес: баланс інновацій і безпеки. URL: <https://dc.org.ua/news/regulyaciya-shtuchnogo-intelektu-ta-biznes-balans-innovaciy-i-bezpeku> (дата доступу: 20. 03. 2026).
2. ДЕМБИЦЬКА, О. (2026). Як AI змінює роботу з документами у компаніях. URL: <https://inbase.com.ua/yak-ai-zminyuye-robotu-z-dokumentamy-u-kompaniyah/> (дата доступу: 16. 03. 2026).
3. *Дія.Бізнес.* (2025). Стартував набір на курс із ШІ для бізнесу. URL: <https://business.diaa.gov.ua/news/startuvav-nabir-na-kurs-iz-shi-dlia-biznesu> (дата доступу: 20.03.2026).
4. ОГНІВЧУК, М. (2025). Як ШІ може підвищити та знизити безпеку бізнесу. URL: <https://www.h-x.technology/ua/blog-ua/ai-can-increase-decrease-business-security-ua> (дата доступу: 20. 03. 2026).
5. *УНІАН.* (2025). Штучний інтелект в українському бізнесі: «Скайнет» економить мільйони, але створює проблеми. URL: <https://www.unian.ua/economics/other/shtuchniy-intelekt-v-ukrajinskomu-biznesi-skaynet-ekonomit-milyoni-ale-stvoryuye-problemi-13113264.html> (дата доступу: 20. 03. 2026).
6. АВРОКВАН-LARBI, К., & АУКУ-LARBI, Y. (2024). The impact of artificial intelligence in marketing on the performance of business organizations: Evidence from SMEs

- in an emerging economy. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 16, 1090-1117.
7. *Acer Blog*. (2025). Як інтегрувати ШІ у ваш бізнес. <https://blog.acer.com/ua/discussion/1528/yak-integruvati-shi-u-vash-biznes> (дата доступу: 18. 03. 2026).
  8. ARDITO, L., RABY, S., ALBINO, V., & BERTOLDI, B. (2024). Artificial intelligence adoption and revenue growth in European SMEs: Synergies with IoT and big data analytics. *Internet Research*, 35, 1508-1634. <https://doi.org/10.1108/INTR-03-2023-0234>.
  9. *Ecommerce Fastlane*. (2025). Як малий бізнес може використовувати автоматизований інтелект для зростання. URL: <https://ecommercefastlane.com/uk/how-small-businesses-can-leverage-automated-intelligence-for-growth/> (дата доступу: 18. 03. 2026).
  10. FEDOROV, M. (2026). Ukrainian Businesses Adopt AI: Survey Reveals 93% Adoption Rate. URL: [https://www.linkedin.com/posts/mykhailo-fedorov-9670b4a3\\_ukrainian-businesses-actively-adopt-ai-survey-activity-7415012540935569410-vzbe](https://www.linkedin.com/posts/mykhailo-fedorov-9670b4a3_ukrainian-businesses-actively-adopt-ai-survey-activity-7415012540935569410-vzbe) (дата доступу: 20. 03. 2026).
  11. MATHAGU, S. W. (2024). Artificial intelligence in small and medium enterprises – An empirical analysis of critical factors. *Premier Journal of Science*. <https://doi.org/10.70389/PJS.100009>.
  12. NUNES, R. (2025) Чому RPA більше не є необов'язковим для виживання бізнесу. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/why-rpa-longer-optional-business-survival-rui-nunes-hzctf?tl=uk> (дата доступу: 16. 03. 2026).
  13. OLDEMEYER, L., NIEHAVES, B., & PLATTFAUT, R. (2024). Investigation of artificial intelligence in SMEs: A systematic review of the state of the art and the main implementation challenges. *Management Review Quarterly*, 75 (4), 1185-1227.
  14. SCHWAEKE, J., KRAUS, S., & JONES, P. (2024). The new normal: The status quo of AI adoption in SMEs. *Journal of Small Business Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/00472778.2024.2379999>.
  15. SHAIK, A. S., KUMAR, A., & LUTHRA, S. (2024). AI-driven strategic business model innovations in SMEs: Insights on technological and strategic enablers for carbon neutral businesses. *Business Strategy and the Environment*, 33 (4), 2731-2751.
  16. SOOMRO, R. B., SHAH, N., & KHAN, M. A. (2025). A SEM-ANN analysis to examine impact of artificial intelligence technologies on sustainable performance of SMEs. *Scientific Reports*, 15, Article 5438. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-86464-3> (дата доступу: 16. 03. 2026).
  17. *Terrateh ЛТД*. (2025). Автоматизація бізнес-процесів для малого бізнесу у 2025 році: RPA, ШІ та Low-Codew. <https://terrateh.com.ua/automation-of-business-processes-for-small-businesses-in-2025/>.
  18. UNNIKRISHNAN, R. (2025). Documenting SME processes with conversational AI: from tacit knowledge to BPMN. IET Conference Proceedings, 28. <https://arxivai.iip.com.ua/uk/paper/RG9jdW1lbnRpbmclMjBT>.
  19. *Vadym AI Blog*. (2025). AI для малого бізнесу: як впровадити технології без великих витрат. URL: <https://vadym.ai/blog/tpost/4p3lknm6l1-ai-dlya-malogo-bznesu-yak-vprovaditi-teh> (дата доступу: 18. 03. 2026).
  20. ZHANG, Y., LIU, C., & WANG, H. (2022). AI, SME financing, and bank digitalization. *China Economic and Political Review*, 5 (3), 210-241.

## 2.10. THE IMPACT OF GROUP DYNAMICS ON THE EFFECTIVENESS OF PROGRAMMERS' TEAMWORK

### 2.10. ВПЛИВ ГРУПОВОЇ ДИНАМІКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМАНДНОЇ РОБОТИ ПРОГРАМІСТІВ

Теорія групової динаміки є важливим інструментом аналізу соціальних процесів. Вона дозволяє розуміти, як взаємодія людей у межах груп впливає на соціальні зміни. Групи виступають ключовими агентами трансформації у суспільстві. В сучасному інформаційному середовищі групова динаміка зазнає впливу цифровізації та глобалізації, а саме: віртуальним спільнотам, швидкості поширення інформації, командним ІТ-розробкам, впливу соціальних мереж на формування груп. Ці фактори змінюють традиційні уявлення про групи та потребують нових підходів до дослідження.

Проведено огляд актуальних досліджень в галузі застосування групової динаміки у командах розробників програмного забезпечення для покращення психологічного клімату. Наукові дослідження групової динаміки беруть свій початок у працях соціальних психологів ХХ століття. Засновник теорії групової динаміки Курт Левін запропонував концепцію взаємодії індивіда та групового середовища. Модель групової динаміки Брюса Такмана пропонує 5 етапів розвитку групи: формування, конфлікт, нормалізація, ефективна діяльність та припинення.

У роботі Чорної Л. Г. та співавторів, визначено чинники, тенденції і закономірності проблемної взаємодії соціальних суб'єктів у ситуаціях групової напруженості, стресу та конфлікту, кризи та колективної травми (Чорна та ін., 2021).

Дослідження Свінцицької О. М. та співавторів показує, що в цифровому суспільстві співробітники ІТ-галузі здебільшого не знаходяться фізично в одному просторі, але працюють над спільним проектом. (Свінцицька, Ющенко, & Оринчак, 2023). Головне завдання керівника – створити комфортний простір, у якому ІТ-фахівці можуть приймати ефективні рішення та досягати цілей ІТ-проекту. В даному дослідженні приділено велику роль науці групової динаміки, оволодіння якою дозволяє навчити об'єднувати учасників малої групи навколо взаємодії над визначеним завданням через комунікацію, конфлікти, співпрацю, координацію та інші аспекти, що виникають під час спільної діяльності в ІТ-компаніях.

Результати дослідження Дименка Р. А. і Виноградової О. В. свідчать, що здібності членів команди можна покращити шляхом належного використання процесів відбору кандидатів на посаду та навчання і правильного розподілу завдань між членами групи. Було встановлено, що групи є найбільш ефективними, коли вони відносно невеликі за розміром. Тому для організацій буде дуже корисно розділити велике завдання та призначити його частини різним групам з метою зменшення втрат процесу, що виникають через відносно велику групу. (Дименко, & Виноградова, 2025).

Відповідно до дослідження Бойчук А., міжособистісна комунікація у команді може вважатись основним фактором, який впливає на результативність виконання певної діяльності, у тому числі і тестування програмних продуктів. (Бойчук, 2024).

*Метою статті* є дослідження впливу групової динаміки на ефективність роботи команд програмістів та розробка математичної моделі оцінювання ефективності результативності командної взаємодії розробників програмного забезпечення.

На сьогодні цифрові технології стають платформою для створення програмістами нових ІТ-продуктів та ІТ-цінностей (Юскович-Жуковська, 2019). Сучасні процеси розробки програмного забезпечення здебільшого здійснюються у формі командної роботи. Складність програмних систем, необхідність швидкої адаптації до змін та висока конкуренція в ІТ-галузі зумовлюють потребу в ефективній взаємодії між членами команди розробників програмного забезпечення. У цьому контексті особливого значення набуває роль групової динаміки, яка визначає характер взаємодії, комунікації та прийняття рішень у командах програмістів.

Групова динаміка відображає процеси формування та розвитку команди, розподілу ролей, виникнення неформальних структур, а також механізми впливу програмістів один на одного. Для IT-команд ці процеси мають специфічні особливості, пов'язані з високим рівнем інтелектуальної діяльності, необхідністю колективного вирішення складних технічних завдань та швидким обміном знаннями у галузі комп'ютерних наук та інформаційних технологій. Розробка програмного забезпечення характеризується високою складністю, значною кількістю взаємопов'язаних компонентів та необхідністю колективної роботи фахівців різного профілю. У зв'язку з цим ефективність діяльності IT-команди значною мірою залежить від якості взаємодії між її учасниками.

Саме групова динаміка визначає процеси формування команди, взаємодії між її членами, розподілу ролей та прийняття рішень, що впливає на ефективність колективної роботи. Розробка програмного забезпечення передбачає інтенсивний обмін знаннями, координацію технічних рішень та спільне вирішення складних задач у команді. Тому для команд програмістів групова динаміка має особливе значення.

Теоретичні засади групової динаміки охоплюють сукупність психологічних, соціальних і організаційних процесів, що відбуваються у команді розробників програмного забезпечення під час спільної діяльності. Основними елементами групової динаміки є:

- структура команди розробників ПЗ;
- ролі учасників команди розробників ПЗ;
- система комунікацій;
- механізми прийняття рішень;
- конфлікти у команді та способи їх вирішення;
- стиль лідерства.

У контексті команди програмістів групова динаміка проявляється через взаємодію між розробниками, тестувальниками, системними архітекторами, менеджерами проєктів та іншими учасниками процесу створення програмного продукту, зокрема між:

- програмістами (розробниками комп'ютерного коду) між собою;
- програмістами та системними архітекторами, які визначають загальну структуру програмної системи;
- програмістами та тестувальниками, що забезпечують перевірку якості програмного продукту;
- програмістами та DevOps-інженерами, які відповідають за інтеграцію, розгортання та підтримку програмних систем;
- програмістами та менеджерами проєкту (Project Manager), які координують виконання завдань і контролюють строки реалізації проєкту;
- програмістами та Team Lead, що забезпечують технічне керівництво командою.

Таким чином, групова динаміка в IT-командах формується через систему професійних, комунікаційних та організаційних взаємодій між усіма учасниками процесу розроблення програмного забезпечення, що впливає на ефективність командної роботи, швидкість розроблення програмного продукту та якість кінцевого результату.

У командах програмістів ролі у структурі команди можуть бути формальними (наприклад, розробник, архітектор, тестувальник, тимлід) та неформальними (ініціатор ідей, експерт, комунікатор). Чітке визначення ролей дозволяє зменшити конфлікти та підвищити ефективність розподілу завдань.

Комунікація є одним із ключових факторів групової динаміки. У командах програмістів при спільній роботі в IT-проєктах використовуються різні інструменти комунікації:

- системи управління IT-проєктами;
- системи контролю версій;
- платформи для командної роботи;
- системи онлайн-комунікації;
- засоби спільної розробки;
- регулярні зустрічі команди (мітинги);

Ефективна комунікація забезпечує швидкий обмін знаннями та сприяє узгодженню технічних рішень. Важливим аспектом групової динаміки є різний рівень кваліфікації програмістів, тобто різний рівень професійних компетентностей. Поєднання досвідчених розробників ПЗ із молодшими ІТ-фахівцями створює умови для передачі знань та розвитку професійних навичок у команді.

Стиль лідерства значною мірою впливає на атмосферу в команді програмістів. Найбільш ефективним у ІТ-проектах вважається демократичний стиль управління, коли керівник виступає координатором роботи та підтримує ініціативу членів команди.

Позитивна групова динаміка сприяє ефективному розробленню програмного забезпечення:

- підвищенню продуктивності розробників;
- покращенню якості програмного продукту;
- швидшому прийняттю технічних рішень;
- зменшенню кількості помилок у коді;
- формуванню сприятливого психологічного клімату.

Натомість негативна групова динаміка може призводити до конфліктів, зниження мотивації та затримок у виконанні ІТ-проектів.

Для підвищення ефективності командної взаємодії доцільно застосовувати такі підходи:

- чітке визначення ролей та відповідальності;
- регулярні командні зустрічі для обговорення результатів роботи;
- використання гнучких методологій розроблення програмного забезпечення;
- стимулювання обміну знаннями між програмістами.

Застосування цих підходів сприяє формуванню ефективної робочої атмосфери та підвищенню продуктивності команди. Ефективна взаємодія між членами команди забезпечує швидке вирішення складних технічних завдань, покращує якість програмного забезпечення та сприяє професійному розвитку розробників.

Отже, ефективна комунікація є важливою умовою успішної роботи команди програмістів. Регулярний обмін інформацією між членами команди сприяє швидкому вирішенню технічних проблем.

Лідер відіграє важливу роль у формуванні ефективної групової динаміки. У командах програмістів лідерство часто реалізується у формі технічного лідерства, коли досвідчений розробник координує технічні рішення команди.

Найбільш ефективним вважається демократичний стиль управління, який стимулює ініціативність та творчість членів команди.

Для оцінювання ефективності групової взаємодії у командах програмістів позначимо ефективність групової динаміки як GDE (Group Dynamics Efficiency), вона залежить від кількох наступних ключових факторів: індивідуальна продуктивність, якість взаємодії, узгодженість, когнітивне навантаження / перевантаження, стабільність команди. Для розрахунку ефективності групової динаміки командної роботи програмістів розробимо математичну модель:

$$GDE = \alpha P + \beta C + \gamma A + \delta S / 1 + \lambda L,$$

де: позитивними факторами є:

- P (Productivity) – середня індивідуальна продуктивність;
- C (Communication Quality) – якість комунікації;
- A (Alignment) – узгодженість цілей і розуміння задач;
- S (Stability) – стабільність складу команди.

Негативним фактором може бути:

- L (Load) – когнітивне навантаження / перевантаження.

Ваги:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$  – це коефіцієнти, які налаштовуються під конкретну команду програмістів.

Запропонована математична модель оцінки ступеня ефективності командної взаємодії програмістів дозволяє виявити фактори, що потребують покращення.

Для підвищення ефективності роботи команд програмістів доцільно застосовувати такі методи:

- впровадження гнучких методологій управління IT-проектами;
- регулярні командні зустрічі для обговорення результатів роботи;
- організація обміну знаннями між програмістами;
- розвиток корпоративної культури взаємодії;
- використання систем підтримки колективної розробки програмного забезпечення.

**Висновки.** Групова динаміка суттєво впливає на ефективність командної роботи програмістів, визначає характер взаємодії між учасниками команди, швидкість обміну інформацією, якість прийняття технічних рішень та загальну продуктивність процесу розробки програмного забезпечення, що є важливим фактором ефективності діяльності команд програмістів.

Взаємодія всіх елементів моделі формує загальну ефективність роботи команди, яка проявляється у продуктивності розроблення програмного забезпечення; якості програмного коду; швидкості виконання проєкту; інноваційності технічних рішень.

Оптимальна взаємодія між учасниками команди сприяє покращенню якості програмних продуктів та формуванню сприятливого психологічного клімату у колективі.

Подальші дослідження у цьому напрямку можуть бути спрямовані на розробку інтелектуальних систем підтримки управління командами програмістів та автоматизацію оцінювання групової взаємодії у процесі розробки програмного забезпечення.

#### Література:

1. БОЙЧУК, А. (2024). Дослідження впливу міжособистісних комунікацій та соціальних факторів на результативність тестування програмних продуктів у багатофункціональних командах. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 3 (81), 77-82. <https://doi.org/10.30748/zhups.2024.81.11>.
2. ДИМЕНКО, Р. А., & ВІНОГРАДОВА, О. В. (2025). Групова динаміка та ефективність команди в організаціях. *Журнал. Інвестиції: практика та досвід*. Київ. № 2, 20-26.
3. СВІНЦИЦЬКА, О. М., ЮЩЕНКО, О. О., & ОРІНЧАК, А. І. (2023). Особливості групової динаміки в команді проєкту з інформаційних технологій. *Журнал. Технічна інженерія*. № 2 (92), 158-162.
4. ЧОРНА, Л. Г., ГОРНОСТАЙ, П. П., ЯРЕМЧУК, О. В., ВУС, В. І., КОРОБАНОВА, О. Л., & ПЛЕТКА, О. Т. (2021). Проблемна взаємодія в групах: феноменологія, чинники, профілактика. *Монографія. Національна академія педагогічних наук України, Інститут соціальної та політичної психології. Кропивницький: ІМЕКС-ЛТД*, 112 с.
5. ЮСКОВИЧ-ЖУКОВСЬКА, В. І. (2019) Цифровізація інформаційного суспільства 5.0. *Conference Proceedings of the 2 nd International Scientific Conference. Economic and social-focused issues of modern world*, Bratislava, 197-201.

## Chapter 3. SECTORAL DIMENSIONS OF DIGITALIZATION: TOURISM, SPORT, AND IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CULTURE

### 3.1. DIGITAL PAINTING IN ART EDUCATION

Digital technologies are fundamentally transforming both the artistic process and the methods used to train future artists. In the visual arts, these changes are most evident in digital painting. Within this study, "digital painting" is defined as the creation of visual imagery using a graphics tablet and specialized software, rooted in the principles of traditional painterly thinking. Consequently, this medium merges the foundations of the classical art school with the capabilities of modern digital tools.

For graphic artists and designers working with posters, book illustration, artist's books, and other forms of visual communication, digital painting serves as more than just a technical tool. It functions as an environment for shaping a unique artistic language and developing authorial thinking within a digital context (Стемпіцька, 2020).

University art departments, particularly those specializing in graphics and design, currently operate amidst a profound methodological and infrastructural restructuring. On one hand, they rely on established traditions of academic drawing, easel painting, and book graphics developed over decades. On the other hand, they must address the challenges of the digital economy, the dynamics of the creative industries, and modern requirements for developing the digital competencies of higher education students. The experience of art departments within technical universities is particularly illustrative in this context. In these institutions, traditional disciplines are integrated into contemporary educational programs that include digital painting as a systemic component of professional training (*Lviv Polytechnic National University*, n.d.).

The key issue lies not so much in the use of digital tools themselves, but rather in the methods of their integration into the educational process. Research in art education shows that using digital software only as a supplement to traditional disciplines is insufficient. This approach fails to foster sustainable creative growth or build the comprehensive digital skills needed for professional graphic design and book illustration. In contrast, when viewed as an independent educational trajectory or a structural module, digital painting enables an organic synthesis. It allows students to combine experimentation with form, color, and composition while simultaneously mastering the technological procedures, formats, and tools that define the creation of contemporary visual products (Zhang, 2025).

*The relevance* of this study stems from several key factors. Primarily, there is a significant gap between academic traditions and the demands of the creative industries. Current specialized training for future artists remains underdeveloped, particularly regarding the mastery of graphics tablets, specialized software, and digital painting techniques. Furthermore, Ukraine faces a shortage of systematic educational materials and comprehensive methodological approaches for integrating digital painting into art disciplines. Consequently, students often face a paradox: while they possess fundamental knowledge of the classical school, they struggle to adapt these skills to modern digital formats. This divide between academic tradition and digital practice makes this research not only timely but methodologically essential for modernizing art education.

**The aim** of this study is therefore to analyse the use of digital painting as a tool for developing the creative potential and digital competences of students in art-related disciplines, particularly future graphic artists and book designers. The analysis focuses on the theoretical foundations of the interaction between traditional and digital media, the structure of digital competences in art education, as well as possible models for digital painting courses and projects relevant to the tasks of contemporary graphic art and book design. This combination of art-historical reflection and pedagogical perspective allows digital painting to be viewed not merely as a technological innovation, but as a factor in the renewal of artistic and imaginative thinking and the professional identity of the artist in the digital world.

**Analysis of recent research.** Our study is based on numerous academic works and studies by both Ukrainian and international scholars, art historians, and educators. Researchers have examined the emergence of digital painting and its impact on traditional forms of graphic art and book design, emphasising the evolution from digital graphics to an independent medium. Researchers rightly note that the profound development of digital artistry is impossible without classical foundations. Digital painting should be viewed not as a replacement for traditional painting, but as a continuation of classical artistic practices with its own specific characteristics. The authors emphasise that the effective integration of digital tools into the training of graphic artists contributes to the development not only of technical skills but also of deep visual thinking, which students develop in the process of creating compositions and working with colour (Храмова-Баранова, 2023).

A key stage of the work involved a systematic analysis of current research in the fields of art education and art history. This analysis allowed us to identify key trends in the integration of technological tools into creative processes and methodological approaches. The analysis showed that contemporary art projects are shaping new educational models and enhancing the professional competence of artists within the context of a changing cultural and technological environment (Луковська, & Грабовська, 2025; Луковська, Грабовська, & Несторенко, 2025; Lukovska, Hrabovska, & Nestorenko, 2025).

A review of the literature at the intersection of pedagogy and art theory has shown that digitalisation is not merely a technical challenge, but also a powerful catalyst for the renewal of content in the arts. In particular, significant attention was paid to theoretical works examining digital competences in graphic arts and design. The influence of new media on visual thinking was also examined, and blended learning methodologies for digital drawing were analysed. In doing so, the focus was on practical skills in composition and colour theory (Борисенко, & Гавкалюк, 2023; Tymchenko et al., 2023; *Lemoore College*, 2024).

It was important to synthesise these and other sources in order to understand the use of digital painting as a teaching tool for graphic design and design students in higher education institutions.

*The methodological framework* of the study is based on a comprehensive approach, enabling the problem to be examined at the intersection of art studies and pedagogy. To achieve the research objectives and address the stated tasks, a comparative analysis was employed to juxtapose traditional painting techniques with the possibilities of contemporary digital tools; a systems analysis was used to investigate digital painting as an integral component of the artist's professional identity.

Additionally, methods of art-historical reflection and theoretical generalization were applied, which facilitated the formulation of key arguments concerning the expansion of artificial intelligence, the lack of systemic approaches in contemporary art education, and the review of the practices of leading international artists, among other aspects.

**Overview of the main content.** Digital painting is now regarded as one of the leading forms of digital art, combining the traditional culture of painting with the possibilities offered by computer technology. In the simplest terms, it involves creating an image using a graphics tablet or another digital device within specialised software. In this environment, brushes, paints, and canvas are replaced by digital tools, while the logic of painterly thinking is kept, including the handling of colour, tone, texture, and composition. Recent research and publications confirm that digital painting can replicate effects characteristic of oil paints, watercolors, and pastels. At the same time, it offers possibilities not available in traditional media. These possibilities include an infinite number of layers, the ability to "rewind" the creative process, and the flexibility to quickly change formats or color schemes.

The emergence of the digital image on the screen is a relatively new yet extremely dynamic trend in contemporary visual art. The first significant digital works appeared in the mid-1990s. The rapid proliferation of SVGA-standard monitors and graphics cards opened up a palette of 16.7 million colours to artists. This effectively erased the visual boundary between on-screen imagery and natural perception.

The dawn of the 21st century marked not only the dawn of the era of global communications, but also the emergence of CG art (Computer Graphics Art) as a self-sufficient language. It dominates

the film industry, creating entire worlds; it shapes the visual language of computer games; it transforms the art of book illustration; and it opens up space for bold design experiments. It is an art born in the light of diodes, yet it is no less profound than traditional painting.

This rapid technological progress has laid the foundations for the emergence of a host of artists who have transformed the digital canvas into a realm of exceptional professional skill. Renowned concept artists such as Sarel Theron (South Africa) and Jonas De Ro (Belgium) create monumental worlds for cinema, whilst Flavio Belli (Italy) and Chris Buzelli (USA) achieve illusory perfection in their work with light.

These and many other artists demonstrate that today digital art is not merely a supporting tool, but quite often a self-sufficient language in which technology serves artistic expression.

For the contemporary artist, digital painting is not an isolated art form, but a stage in the creative process. It begins with sketches, where rapid iteration allows for testing dozens of compositions and colour variations without material costs. Digital technologies are frequently used in the illustration of book projects for contemporary poetry, prose, and children's books, in the creation of art books, and in storyboards for visual narratives, such as animated videos or poster series, and so on (Храмова-Баранова, 2023; Стемпицька, 2018).

The digital environment sharpens conceptual creativity, offering unlimited opportunities to experiment with form and content, but carries the risk of becoming merely decorative. When a student chooses ready-made textures or effects instead of adding their own touch, the image loses the critical edge of its ideological expression. For example, a poster becomes merely a 'pretty picture' rather than a symbol of resistance or remembrance. It is therefore important to maintain a balance between technology and the artist's personal style.

To avoid this risk, choosing the right tools is essential. When training young artists, the key programmes are Photoshop for raster image processing and printing, Procreate for quick sketching on tablets, and Krita as an affordable alternative. Graphics tablets ensure that strokes are rendered naturally, just like on paper. These programmes are tailored to book and poster projects: they accurately convert RGB to CMYK, save in PDF/X format for printing, generate a series of sketches for illustrations, and integrate fonts with the visual layout. Students immediately learn to work with real-world formats, such as A3 for posters.

It is worth noting that digital painting directly transforms the professional skills of book designers. It changes the culture of the book page: layers allow you to model the rhythm of the spread, the balance between text and illustration. In poster design, there is a greater focus on contrast, silhouette and emphasis. Such compositions can be tested in seconds, and what is valuable about this work is that digital portfolios capture the evolution from sketch to final product. This approach is ideal for poster series or book graphics.

There is no doubt that digital painting opens up unprecedented opportunities for creative exploration for students, but at the same time, it poses new challenges. This technological freedom, although it broadens horizons, creates certain risks that must be taken into account in methodological practice.

In particular, the "preset effect" can negatively affect the quality of creative works. The use of ready-made "oil" or "watercolor" filters often replaces the author's outline, as a result of which the artistic image loses its sharpness of expression. The "incorporeality" of digital drawing presents significant risks: on the screen, the color shines, the silhouette is clear, but when printed on paper, it can fade, merge, or lose weight. Students who work only in virtual space gradually lose their sense of the material, namely the texture of paint, the specifics of typography, and the nuances of printing, without which posters, graphic illustrations, and book layout remain only screen illusions.

Overcoming these risks serves as a strong motivation for developing comprehensive digital competencies. In the training of graphic designers and graphic artists, it is important not only to learn how to draw using digital painting. Digital art should form a set of skills without which modern professional practice is impossible.

The digital skills of art students are structured around three modules closely linked to the genres of poster and book design. The first step is the digital preparation of original layouts (prepress). This

involves setting up CMYK colour profiles for printing, checking for trapping and overprints, and exporting to PDF/X-1a or PDF/X-4 formats. A single error in this process can ruin an entire series of posters or a book print run. The second stage involves creating a digital layout for a book, zine or poster series: typesetting in InDesign with the import of raster layers from Photoshop, modelling the page layout and flow, and integrating illustrations into the text flow. All these stages transform a sketch into a finished product. The third stage involves working with vector and raster graphics in tandem: the vector silhouette of the poster is combined with raster painting, the font scales without loss of quality, and the series is saved as a single project with versions.

Digital painting serves as a laboratory for form creation for future posters and books. Here, students practise visual generalisation, which manifests itself in the ability to convey an idea with just one or two strokes, a distinctive silhouette that works from a distance, and working with a limited palette (4-5 colours) as in actual print. Students do not simply draw, but learn to 'see' the layout: how an image fits into a strip, how the rhythm of a series is built on the repetition of a motif, and so on (Блудов, 2024).

However, an artist's success is based not only on their mastery of the tools of the trade, but also on their ability to present the complex creative process from sketch to final product. A modern professional portfolio in the field of CG art acts as an artist's calling card, showcasing the entire process of image creation. It enables a curator or client to understand how the artist thinks in series and integrates raster and vector techniques. For young artists, the ability to professionally showcase this journey is crucial at the start of their career. Ideally, a portfolio should contain not just images, but living series – for example, a cycle of posters on war or social issues, book spreads where you can see how layers are superimposed, or interactive PDF zines that you can flip through. Such work demonstrates not only the final result, but also the entire journey from the first sketch to the finished layout that went to print. The client or curator immediately sees how the artist thinks, what they are capable of, and how they understand print and web. This is particularly important for students: a first portfolio often determines whether they will be accepted for an internship or commissioned for freelance work. The ability not only to create an artistic piece but also to professionally present the stages of its development is a key factor in a successful career.

A logical extension of the discussion on building a professional portfolio and presenting one's creative approach is an analysis of the broader context within which contemporary Ukrainian art education operates. After all, a student's ability to structure their body of work depends directly on the systematic nature of the educational model, which currently exhibits a certain functional imbalance at the national level.

The current state of training for future artists in Ukraine is characterised by a contradiction between the exceptionally high standard of the traditional academic school and the often fragmented, haphazard mastery of digital tools. In many higher education institutions, digital art is still viewed as an optional extra rather than a fundamental medium requiring its own methodology. This leads to a situation where a young artist, despite having a solid foundation in anatomical drawing or easel painting, is left helpless in the face of the demands of contemporary illustration or book design, where speed of iteration and digital flexibility are decisive. Undoubtedly, such a gap requires a serious methodological overhaul.

One of the most pressing challenges of our time, requiring immediate reflection from art historians and educators, is the rapid expansion of artificial intelligence (AI) into the visual realm. The rise of generative algorithms challenges the fundamental idea of authorship. There is a real risk of a unique authorial style being 'dissolved' in an endless stream of algorithmically generated images. In this context, the role of the art lecturer is transforming: it is no longer enough to teach students how to wield a digital brush. It is necessary to cultivate critical visual literacy in them. This correlates with the conclusions regarding the need to develop digital competences as a means of safeguarding the artist's professional identity.

This literacy is becoming an essential part of education, as it enables future professionals to distinguish between superficial 'design noise' generated by neural networks based on generalised templates and profound, conceptual visual expression. Art education must emphasise that digital

technology is merely a resonator for the artist's idea, not a substitute for it. Preserving an individual's style and the ability to critically select means of expression are becoming the hallmarks of mastery, as confirmed by contemporary research in the field of digital art.

A separate aspect of the study concerns ethical considerations and media literacy. In contemporary higher education for the arts, it is crucial to emphasize the importance of respecting intellectual property, especially in an age of rampant digital content copying. The renewal of artistic and imaginative thinking must go hand in hand with an understanding of responsibility for the content created, particularly in genres such as social posters or war art, where the visual image directly influences public consciousness.

Consequently, the development strategy for Ukrainian art schools lies in moving away from merely 'patching up' digital skills towards the creation of hybrid educational models. In these models, traditional craftsmanship acts as an ethical and aesthetic filter, enabling the artist not merely to use digital technology but to master it, imbuing the technological form with profound humanistic content.

**Conclusions.** The analysis confirms that digital painting is a powerful factor in renewing the artistic and imaginative thinking of students studying art-related subjects, particularly graphic artists and designers. It not only expands the technical arsenal of the young artist but also serves as a laboratory for conceptual exploration. It has been demonstrated that a fundamental condition for the development of a future artist's creative potential is maintaining a balance between technological tools and the artist's authenticity. It has been found that the main challenge facing contemporary art education is the need to foster critical visual literacy, which enables students to overcome the risks of image stereotyping in the age of artificial intelligence. Prospects for further research lie in investigating mechanisms for integrating digital experience into exhibition activities and refining methods for presenting the creative process in a professional environment.

## References:

1. *Lemoore College*. (2024). Introduction to digital art (ART 020A): OER textbook. URL: <https://lemoorecollege.edu/oer/documents/2024-introduction-to-digital-art-art-020a-oertextbook.pdf>.
2. LUKOVSKA, O., HRABOVSKA, O., & NESTORENKO, T. (2025). The phenomenon of activism: The interaction of art and social activism. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach*, (21), 117-128. <https://doi.org/10.54264/0135>.
3. *Lviv Polytechnic National University*. (n.d.). Department of Graphics and Book Art. <https://lpnu.ua/en/gba>.
4. TYMCHENKO, O., KHAMULA, O., VASIUTA, S., SOSNOVSKA, O., DOROSH, S., & LUKOVSKA, O. (2023). Determining the importance of factors in the selection of immersive technology for artworks reproduction. *CEUR Workshop Proceedings*, 3608, 155-164. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3608/paper16.pdf>.
5. ZHANG, C. (2025). Use of digital technologies in the process of teaching art. *Premier Journal of Science*. URL: <https://premierscience.com/pjs-25-1130/>.
6. БЛУДОВ, А. (2024). Особливості формування процесу викладання цифрового живопису [Features of the formation of the digital painting teaching process]. *Українська академія мистецтва*, (34), 36-41. <https://journals.naoma.kyiv.ua/index.php/uam/article/view/42>.
7. БОРИСЕНКО, О., & ГАВКАЛЮК, І. (2023). UX & UI дизайн: відмінності та взаємодія [UX & UI design: differences and interaction]. *Традиції та новітні технології у розвитку сучасного мистецтва*, (8).
8. ЛУКОВСЬКА, О., & ГРАБОВСЬКА, О. (2025). Мистецтво як інструмент громадянської освіти. Міжнародний проєкт CivicArt [Art as a tool for civic education: The international project CivicArt]. *Вісник Закарпатської академії мистецтв*, (17), 20-25. <https://doi.org/10.35204/2520-6419-2025-1-17-20-25>.

9. ЛУКОВСЬКА, О., ГРАБОВСЬКА, О., & НЕСТОПЕНКО, Т. (2025). Артivism в громадянській молодіжній освіті: інсайти міжнародного проєкту “Civic Art” [Artivism in civic youth education: insights from the international project “Civic Art”]. *Молодь і ринок*, 9 (241), 18-22. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2025.337719>.
10. СТЕМПІЦЬКА, Ю. (2018). Казка: образ, створений ілюстратором [Fairy tale: an image created by an illustrator]. У *Феномен казки у пізнавально-виховному процесі суспільства* [The phenomenon of a fairy tale in the cognitive and educational process of society]: Матеріали круглого столу (с. 29-31). Львів: Центр Культурно-Мистецьких Ініціатив.
11. СТЕМПІЦЬКА, Ю. (2020). Візуальний образ арт-буку та особливості його творення [The visual image of the art book and the specifics of its creation]. У *100 років сучасності: ідеї Баухаузу та українського авангарду у сучасному дизайні та дизайн-освіті* [100 years of modernity: ideas of the Bauhaus and the Ukrainian avant-garde in modern design and design education]: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (с. 149-151). Харків.
12. ХРАМОВА-БАРАНОВА, О. (2023). Цифровий живопис у професійній підготовці майбутніх художників-графіків та дизайнерів [Digital painting in the professional training of future graphic artists and designers]. *Сучасна культура*, (1), 45-52. [https://contculture.com.ua/web/uploads/pdf/CaC\\_%E2%84%961\\_2023\\_Khramova-Baranova.pdf](https://contculture.com.ua/web/uploads/pdf/CaC_%E2%84%961_2023_Khramova-Baranova.pdf).

### 3.2. THE DIGITAL TRANSFORMATION OF SIGHTSEEING TOURISM IN THE VOLYN REGION: INNOVATIVE APPROACHES AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

Modern sightseeing tourism in the Volyn region is developing rapidly thanks to the introduction of digital technologies, which improve access to information, enhance the quality of tourism services and facilitate a new level of interaction between tourists and tour operators.

Key areas of application for digital technologies in regional tourism

1. *Use of mobile apps*. Mobile apps play a key role in the development of regional tourism, providing convenient access to information, service bookings and interaction between tourists and local attractions. Modern tourism apps offer a wide range of features, including interactive maps, guides, itineraries and augmented reality.

Key features of mobile apps in the tourism sector (Lysiuk, 2024):

- geolocation services – help tourists find their way around a city or nature parks by choosing the best routes;
- audio guides and multimedia tours – allow visitors to explore landmarks at their own pace, listening to information at a time that suits them;
- booking and payment for services – the ability to buy tickets, book accommodation and book tours with a single click;
- interactive maps – provide tourists with access to detailed information about cultural, natural and historical sites;
- personalised recommendations – mobile apps analyse users' preferences and suggest the best travel options. Examples of mobile apps used in the Volyn region (Lysiuk, Roiko, & Biletskyi, 2022):
  - Visit Lutsk – provides information on Lutsk's landmarks, routes and events;
  - Shatsk Lakes Online – helps tourists find their way around the Shatsk National Nature Park;
  - museum mobile guides – apps for an interactive tour of the exhibitions at the Volyn Regional Museum, the Lutsk Art Museum, and others.

Thanks to the use of mobile apps, tourists gain convenient access to up-to-date information, and regional tourism becomes more attractive, interactive and accessible.

2. *Augmented and virtual reality (AR/VR)*. The latest augmented reality technologies enable the creation of interactive tours (Lysiuk, Royko, & Goryaeva, 2024):

- AR tours – tourists can use mobile apps to view real-time historical reconstructions of castles, cathedrals and landmarks;
- VR tours – museums and cultural sites can offer virtual tours, allowing visitors to explore exhibitions without being physically present.

3. *Geographic Information Systems (GIS) in tourist navigation*. GIS technologies help tourists find their way around the region:

- interactive maps – creating tourist routes with additional information about landmarks;
- geolocation services – the ability to receive personalised recommendations based on the tourist's location.

4. *The use of artificial intelligence and chatbots*. Artificial intelligence and automated services significantly enhance the tourist experience:

- chatbots for tourists – interactive assistants that provide information on routes, attractions and services in the region;
- analysis of tourism data – the use of AI analytics to forecast tourist flows and provide personalised recommendations.

5. *Social media and online marketing*. Digital platforms play a key role in promoting Volyn's tourist routes:

- promoting tours via Facebook, Instagram and TikTok – attracting new tourists through video reviews and photo stories;
- reviews and ratings – using platforms to build trust in local tour operators.

6. *Blockchain technology for transaction security*. Blockchain ensures the transparency and security of financial transactions in the tourism sector:

- digital payments – the use of blockchain payments for booking hotels and tours;
- secure storage of personal data – preventing fraud and unauthorised access to tourists' information.

The use of digital technologies in the field of sightseeing tourism in Volyn helps to improve tourism services, attract new visitors and enhance the region's competitiveness.

The integration of innovative solutions, such as mobile apps, AR/VR, GIS technologies and artificial intelligence, enables the creation of a comfortable and safe environment for tourists, providing them with unforgettable experiences and high-quality service.

Digital technologies are being actively introduced into the field of sightseeing tourism in Volyn, improving access to information, expanding opportunities for independent exploration of historical and cultural sites, and increasing tourists' interest in learning about the region's heritage.

Digital technologies play an important role in the development of sightseeing tourism in Volyn, providing an innovative approach to travel, improving the standard of service for tourists and helping to promote the region as an attractive tourist destination.

The analysis and assessment of digital innovations in the field of guided tourism in the Volyn region were carried out using tourist feedback, surveys, expert assessments and statistical data on the use of digital technologies.

Modern research methods were also employed, including an analysis of the use of mobile apps, interactive maps and digital guides. The effectiveness of augmented and virtual reality (AR/VR) in the region's tourist attractions was monitored, and the level of integration of digital technologies into sightseeing routes was assessed.

The impact of digital innovations on the convenience and accessibility of tourist services, which contributes to the development of tourism in the region, was also investigated.

The analysis was carried out in the following stages

1. Data collection – examining existing digital technologies along tourist routes in Volyn.
2. Questionnaires and surveys – monitoring feedback from tourists, guides and local residents.
3. Analysis of digital platforms – testing the functionality of mobile apps, interactive maps and digital guides.
4. Assessment of AR/VR effectiveness – studying the application of augmented and virtual reality at historical and cultural sites.
5. Accessibility monitoring – testing the user-friendliness of digital services for different categories of tourists.
6. Comparison of statistical data – analysis of the popularity of digital technologies and their usage levels compared to other regions.
7. Drawing conclusions – development of recommendations for the improvement and further development of digital innovations in tourism in the Volyn region.

An analysis of the use of digital technologies in guided tours of historical and cultural sites is presented in Table 1; Fig. 1.

Digital technologies open up new opportunities for tourists, making travel more accessible, interactive and exciting. They enable us not only to preserve our historical heritage but also to promote it to a wider audience (Kozhukhivska, & Sakovska, 2025).

Thanks to the introduction of digital technologies into nature-based tourism, the Volyn region has the opportunity to promote its natural sites, make travel more comfortable and raise environmental awareness among tourists (Fig. 2; Table 2-3).

The use of digital technologies at natural heritage sites makes guided tours more accessible, engaging and informative for tourists, helping to promote the natural heritage of the Volyn region.

Digital technologies are actively transforming the approach to sightseeing tourism in Volyn. Virtual reality allows visitors to immerse themselves in the past, AR technologies recreate lost sites, and mobile apps provide convenient access to multimedia content. Artificial intelligence and holograms make history more engaging, whilst online museums open up new opportunities for remote tours. Modern museum and sightseeing tourism actively integrates digital technologies, making history more accessible and interactive (Bihus, Halkiv, & Dobushovskyy, 2020).

*Table 1. Digital technologies in guided tours of historical and cultural sites*

<b>Excursion Title</b>	<b>Objects</b>	<b>Applied Innovations</b>
Ancient Lutsk	«Old Lutsk» Reserve, St. Peter and Paul Cathedral, Market Square	Audio guides, mobile applications
Castles of Volyn	Lutsk Castle, Olyka Castle, Small Castle (Synagogue), Czartoryski Towers	Virtual tours, 3D modeling
Sacred Heritage of Volyn	St. Peter and Paul Cathedral, Zymne Monastery, Zhydychyn Monastery, stone synagogues of Lutsk and Liuboml	Online excursions, augmented reality, digital guides
Wooden Churches of Volyn	Nativity of the Virgin Church (Stara Vyzhivka), St. Michael's Church (Zhydychyn), Nativity Church (Movnyky)	QR codes for information, digital catalogs, mobile applications
Cultural Heritage of Lesya Ukrainka	Lesya Ukrainka Museum (Kolodiazhne), Kosach Family House, Lesya Ukrainka Monument (Lutsk)	Virtual exhibitions, interactive stands, online tours
Romantic Places of Lutsk	Park of 900th Anniversary of Lutsk, Lesya Ukrainka Park, Theatre Square	Virtual exhibitions, audio guides
History of Volyn Region	«Old Lutsk» Reserve, Lutheran Church in Lutsk, Synagogue (Small Castle), Kysylyn Church, Novyi Zahoriv, Radziwill Castle	Interactive maps, digital archives, mobile applications
Archaeological Heritage of Volyn	Museum of Lutsk Brotherhood History, ancient settlements of Volyn	3D reconstruction of artifacts
Legends and Myths of Volyn	Underground passages of Lutsk Castle, urban legends of Lutsk	Audio guides, augmented reality
Volyn During Wartime	Museum of Ukrainian Military Equipment, memorial complexes	Virtual tours, interactive maps, digital archives
Prominent Figures of Volyn	Kosach Family House, memorial sites of prominent personalities	Online excursions, interactive displays
Ethnographic Heritage of Volyn	Skansen Museum in Rokyni, ethnographic complexes	Virtual tours, augmented reality
Volyn Crafts and Folk Art	Museum of Traditional Folk Art, мастер-класи	Digital catalogs, online courses, VR tours
Legends of Volyn Undergrounds	Underground passages of St. Peter and Paul Cathedral, Lutsk underground tunnels	3D visualization, mobile applications
Ancient Rus Volyn	Ancient settlements, fortification remains, Museum of Ancient History of Volyn	3D reconstructions of fortresses, digital models
Monasteries and Sacred Sites of Volyn	Zhydychyn Monastery, Mykhniv Monastery, Starosillia Monastery, Exaltation of the Cross Monastery, Petropavlivsk Monastery	Online streaming of services, digital archives, VR pilgrimages
Volyn in Art	Art galleries, artists' studios, painting museums	Online exhibitions, digital art archives, mobile tours
Industrial Heritage of Volyn	Old mills, former manufactories, factories	VR reconstruction of production processes
Journey Along the Princes' Routes	Ancient Volodymyr, Peresopnytsia settlement, Olyka Castle	VR tours, historical reconstructions, mobile guides
History of Soviet and Nazi Occupation	Memorial complexes, World War II bunkers	Virtual tours, interactive maps, digital historical archives

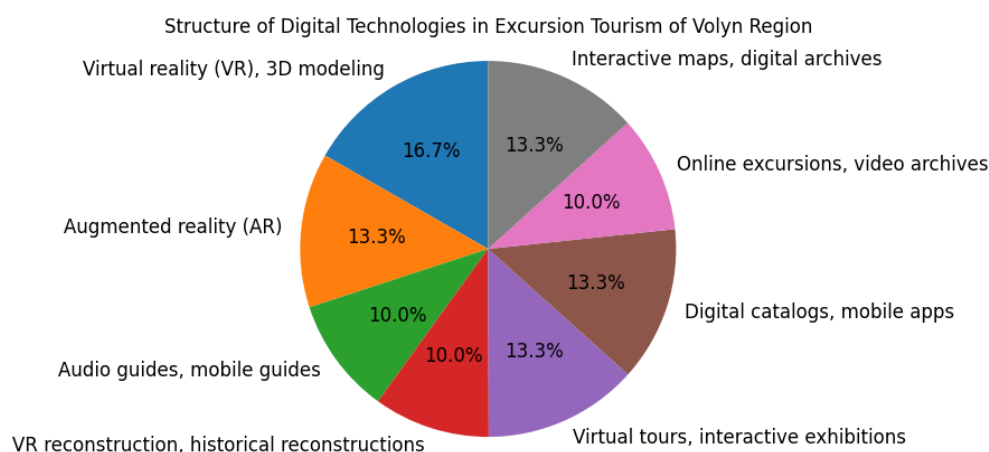
Virtual reality (VR) allows visitors to immerse themselves in recreated historical events, travel through time and experience the atmosphere of bygone eras.

Augmented reality (AR) adds a new dimension to guided tours, allowing visitors to view reconstructions of ruined buildings or relive historical events in real time (Lysiuk, 2026).

Gamification of tours helps engage audiences through interactive tasks, quests and digital missions. Virtual museums allow exhibits to be viewed online, whilst 3D scanning enables artefacts to be preserved and reproduced with high accuracy (Table 4).

Interactive multimedia screens and AI-powered audio guides make exploring cultural heritage more convenient and personalised.

Thanks to digital technologies, sightseeing tourism is becoming more inclusive, enabling people with disabilities to virtually visit any site. This approach not only improves the accessibility of museums but also helps to promote them to a wider audience (Dolynska, 2025).



*Fig. 1. Digital technologies in guided tours of historical and cultural sites*

Thanks to rapid technological advancements, museums and tourist attractions in Volyn are gaining new opportunities to attract visitors.

*Table 2. Digital technologies in nature tourism (forest resources)*

Excursion Title	Objects	Applied Innovations
Journeys through Tsuman Forest	Tsuman Forest, ecological trails	GIS maps, mobile guides, QR codes for information boards
Secrets of Polissia Forests	Polissia forest areas, nature reserves	Augmented reality, mobile applications with information about flora and fauna
Protected Forests of Volyn	Cheremskiy Nature Reserve	Virtual tours, interactive maps, remote nature observation
Wildlife of Polissia	Landscape reserve «Kormyn»	Online navigation, 3D visualization of nature
Volyn Forests in Winter	Forest reserves of the region	VR walks, augmented reality, mobile excursions
Valley of Ancient Oaks	Oak groves of Volyn	Audio guides, virtual excursions
Magic of the Carpathian Primeval Forests of Volyn	Protected forests of Polissia	AR tours, mobile maps
Nature Through the Centuries	Oak groves, relic trees	Virtual tours, mobile applications with historical reconstructions
Journey through the Great Forest	Forest lands of Kivertsi National Nature Park	Audio guides, GPS navigation, AR visualization
Valley of Centuries-Old Pines	Pine forests of Volyn	Digital eco-maps, augmented reality
Legends of Ancient Forests	Forest reserves	VR excursions, audio guides, mobile applications

The introduction of artificial intelligence enables the creation of personalised itineraries and the automatic tailoring of tours to suit each visitor's interests.

*Table 3. Digital technologies in guided tourism*

Excursion Title	Objects	Applied Innovations
Shatsk Lakes – The Pearl of Volyn	Lake Svityaz, Pulmetske Lake, meadows	Online guide, digital maps, augmented reality
River Journeys along the Stokhid	Stokhid River, ecological routes	GPS navigation, mobile audio guides, virtual excursions
Okonski Springs – Secrets of Nature	Okonski Springs	Interactive stands, video excursions, QR codes for historical information
Legends of Volyn Lakes	Lakes Tur and Nechymne	VR tours, interactive mobile guides
Travels along the Prypiat	Prypiat River	GIS navigation, digital route maps
Exploration of Underground Springs of Volyn	Karst lakes	3D visualization of underwater locations
Journeys along Small Rivers of Volyn	Vyzhivka and Chornohuzka Rivers	Mobile audio guides, digital navigation panels
Water as an Element	Lakes of Volyn	Virtual tours, mobile encyclopedias
Secrets of the Underwater World of Volyn	Underwater ecosystems of lakes	Underwater 3D tours, video excursions

The use of motion sensors and interactive projections makes museum visits more dynamic and attracts even those who were previously uninterested in history.

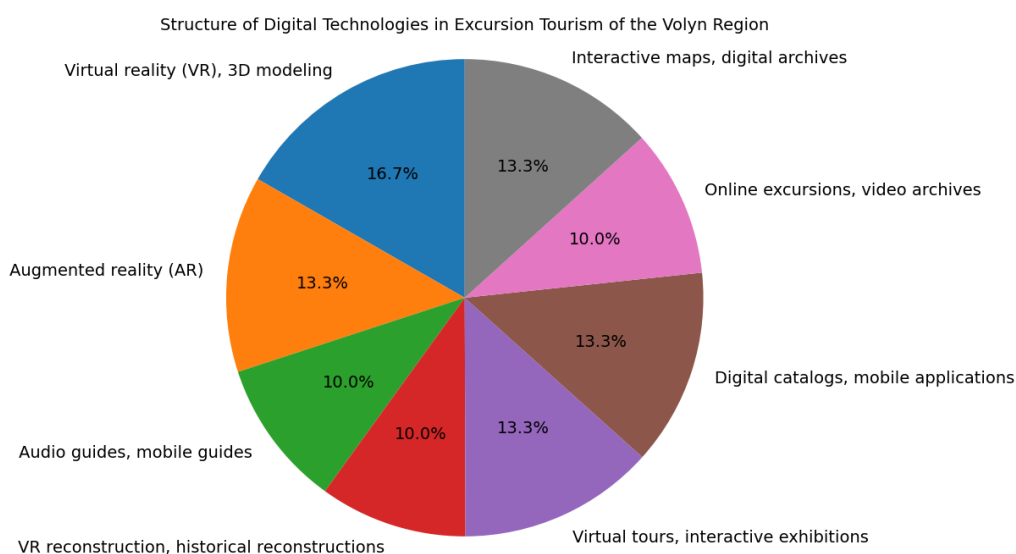


Fig. 2. Digital technologies in sightseeing tourism (forest resources)

The development of cloud technologies and 5G connectivity facilitates access to high-quality online content, enabling real-time remote tours.

Table 4. Digital technologies in sightseeing and museum tourism

Name of the Excursion	Objects / Locations	Innovations Applied
Virtual Journey «Ancient Volyn»	Volyn Regional Museum, Lutsk Castle	VR tours, 3D reconstructions of historical buildings, interactive maps
Augmented Reality «Secrets of Lutsk Castle»	Lutsk Castle	AR applications for battle reconstruction, digital guides, virtual reconstructions
Interactive Excursion «Living History of Volyn»	Rokyni Open-Air Museum (Skansen), Kovel Historical Museum	Holograms of historical figures, film installations, kinetic screens
Museum in a Smartphone	Lutsk Art Museum, Volyn Icon Museum	QR codes with multimedia content, mobile apps with interactive excursions
Excursion «Digital Past»	Volyn Regional Museum, Olyka Castle	AI-powered virtual guides, 3D visualization of historical artifacts
Virtual Exhibition «Ancient Crafts of Volyn»	Volyn Icon Museum, Folk Art Center	Online museums with 3D exhibits, interactive workshops
Thematic Excursion «Secrets of the Dungeons»	Dungeons of Lutsk Castle, St. Peter and Paul Cathedral	VR tours of underground passages, laser projections of historical events
History in Augmented Reality	Lutsk History Museum, Olyka Castle	AR excursions, augmented building models
Digital Ethnotourism	Volyn Museum of Folk Architecture and Life, Rivne	Virtual village tours, interactive videos, reconstructions of traditions
Gamification of Volyn History	Lutsk Castle, Volyn Regional Museum	Quest excursions using mobile apps, interactive historical missions
Museum Exhibits in 3D	Volyn Icon Museum, Lutsk Art Museum	3D scanning of exhibits, interactive multimedia screens
Digital Reconstruction of Architecture	Olyka Castle, Historical buildings of Lutsk	3D models of buildings from different historical periods
Audio Excursions with an AI Guide	Volyn Regional Museum, Lutsk Castle Dungeons	AI voice guides, personalized routes
Virtual Journeys through Volyn Legends	Radziwill Castle, Dubno Castle	VR legend-based excursions, animated digital storytelling
History in the Format of a Video Game	Lutsk Castle, Regional Museum	Gamification of excursions, interactive historical quests
Museum Exhibits in Augmented Reality	Rivne Regional Museum, Amber Museum	AR animation of exhibits, interactive holograms
Digital Exhibitions of Volyn	Lutsk Art Gallery, Volyn Exhibition Center	Virtual exhibition tours, 360° panoramas

Drone footage of historical sites with VR viewing options gives visitors a unique perspective on Volhynia's cultural heritage. In this way, digital technologies not only enrich the tourist experience but also help preserve historical heritage for future generations. The development of digital technologies is significantly transforming Volyn's tourism infrastructure, making it more convenient and interactive (Lysiuk, Royko, & Biletskyi, 2023).

The use of smart signposts, mobile apps and VR tours enables tourists to plan their own trips and access a wealth of information in real time. AR technologies aid in the restoration of ruined architectural sites, whilst artificial intelligence helps create personalised itineraries.

Significant attention is being paid to digital mapping and interactive tourism services, which allow users to create customised itineraries and receive up-to-date recommendations for places to visit. Virtual tours help preserve unique natural and historical sites by reducing the physical strain on tourist attractions. Overall, the digitalisation of Volyn's tourism infrastructure helps promote the region and attract new visitors (Lysiuk, 2025).

Volyn is a region with a rich history, natural beauty and a unique cultural heritage. Thanks to modern technology, tourists can explore the region using digital tour routes. These combine historical, natural and cultural attractions, and provide convenient access to information via mobile apps, interactive maps and QR codes. The digital technologies used in Volyn's tourism infrastructure are presented in Table 5.

*Table 5. Digital technologies used in Volyn's tourism infrastructure*

<b>Name of the Object</b>	<b>Location</b>	<b>Digital Technologies Applied</b>
Smart Visitor Center «Volyn Heritage»	Lutsk	Interactive touch panels, VR presentations of the region, mobile applications for self-guided tours
Digital Tourist Map of Volyn	Volyn Region	Online platform with 3D maps, AR navigation, integration with AI guides
Virtual Guides in Volyn Castles	Lutsk Castle, Olyka Castle	Artificial intelligence for personalized audio tours, AR reconstruction of destroyed parts
Interactive Tourist Center	Kovel	Augmented reality for exploring the history of the city, QR codes
Volyn Nature Park Online	Shatsk Lakes	Virtual tours based on drone footage, digital eco-routes
Smart Tourist Signposts	Main tourist routes	Dynamic information panels with real-time updates, integration with mobile applications
Gamified Routes «Volyn Quests»	Lutsk, Volodymyr, Kovel	Mobile applications with interactive quests and tasks for tourists
Virtual Ethnopark of Volyn	Folk Art Center	3D models of traditional houses and crafts, AR excursions
Digital Museum of Volyn	Lutsk	Virtual tours, 3D models of exhibits, interactive multimedia presentations
Smart Hotels and Digital Services	Major tourist cities of Volyn	Automated booking systems, digital keys, contactless services via mobile applications
VR Tours of Historical Sites	Volyn Region	Reconstruction of historical events in virtual reality, interactive storytelling
Digital Ecosystem for Tourists	Tourist routes of Volyn	Mobile applications for booking and navigation, integration with chatbots and artificial intelligence
Online Guide «Discover Volyn»	Volyn Region	Personalized routes, integration with audio guides and video excursions

Volyn is actively integrating digital technologies into its tourism infrastructure, particularly in the areas of virtual guides, online museums and interactive maps.

The development of digital technologies is significantly transforming Volyn's tourism infrastructure, making it more convenient and interactive. The use of smart signposts, mobile apps and VR tours allows tourists to plan their own trips and access as much information as possible in real time. AR technology is helping to restore damaged architectural sites, whilst artificial intelligence assists in creating personalised itineraries.

## References:

1. BIHUS, M. M., HALKIV, L. I., & DOBUSHOVSKYY, P. A. (2020). Turystychnyy biznes pid vplyvom suchasnykh zmin, zumovlenykh svitovymy vyklykamy [Tourist business under the influence of modern changes caused by global challenges]. *Naukovyy pohlyad: ekonomika ta upravlinnya*, 3, 7-12. DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-69-1> (in Ukrainian).
2. DOLYNSKA, O. (2025). Suchasni tendentsii orhanizatsii turystychnykh podorozhei u konteksti tsyfrovoi transformatsii ta staloho rozvytku. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (77). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-15> (in Ukrainian).
3. KOZHUKHIVSKA, R., & SAKOVSKA, O. (2025). Didzhitalizatsiia yak element rozvytku mizhnarodnoho turyzmu ta industrii hostynnosti. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (71). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-93> (in Ukrainian).
4. LYSIUK, T. (2024). Innovatsiini rishennia v hotelno-restorannomu biznesi: tekhnolohii avtomatyzatsii ta person-alizatsii posluh. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (67). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-13> (in Ukrainian).
5. LYSIUK, T. (2025). Stalyi rozvytok u sferi turyzmu i rekreatsii: innovatsiini tekhnolohii ta ekolohichni pidkhody. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (73). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-281> (in Ukrainian).
6. LYSIUK, T. (2026). Innovatsii v orhanizatsii turystychnykh podorozhei u systemi staloho rozvytku turyzmu ta hotelno-restorannoho hospodarstva Ukrainy. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (83). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-44> (in Ukrainian).
7. LYSIUK, T., ROIKO, L., & BILETSKYI, Y. (2022). *Innovative information and communication technologies in the field of tourism. Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (43). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-26> (in Ukrainian).
8. LYSIUK, T., ROYKO, L., & BILETSKYI, Y. (2023). Digital innovative technologies in the sector of tourism of Ukraine. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (52). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-52-36> (in Ukrainian).
9. LYSIUK, T., ROYKO, L., & GORYAEVA, A. (2024). Innovative information processes in the development of the tourism sector of Ukraine. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, (59). Available at: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-60> (in Ukrainian).

### **3.3. DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MERGING DATA INTO A SINGLE REPRESENTATION SPACE THAT PRESERVES SEMANTIC INFORMATION**

Multimodal artificial intelligence (AI) encompasses various types of data, such as images and text, as well as data collected from different sensors. It also includes feature engineering, such as feature extraction and combination, and decision-making processes, such as majority voting. As architectures become more complex, multimodal neural networks integrate these processes into a single model. The boundaries between these processes are becoming increasingly blurred. Current approaches involve transforming multimodal data into five categories: encoding-decoding, attention mechanisms, graph neural networks, generative neural networks, and other constraint-based methods (Gubarenko et al., 2021). When conducting research involving multimodal data, it is essential to consider the perspectives of computer vision processing, video and text information processing, vision and sensors, as well as their respective tasks, video subtitles, and object detection.

In various disciplines, information about the same phenomenon can be obtained from different types of detectors under different conditions and across multiple experiments or subjects. We use the term "modality" to refer to each data-collection framework. Due to the rich diversity of natural phenomena, it is rare for a single modality to provide comprehensive knowledge of the phenomenon under investigation. The growing availability of multiple modalities reporting on the same system introduces new degrees of freedom and raises questions that go beyond those associated with using each modality in isolation.

The world is represented by information from various senses, such as sight, sound, and touch. Our sensory receptors, such as our eyes and ears, help us capture this information. The brain then combines this information to form predictions or decisions. Information obtained from each source or medium is considered a modality. When the number of modalities exceeds one, it is referred to as multimodality. However, unlike humans, who rely on their eyes and ears, machines rely heavily on sensors, such as RGB cameras and microphones. Each sensor represents observed objects or activities in its own dimension. In other words, observed objects or activities can be projected into the dimension of each sensor. Then, machines or robots can collect data from each sensor and make a prediction or decision based on it. There are numerous industrial applications that utilize the benefits of multimodality.

Image recognition is a key component of control systems, information processing, and decision-making processes. Tasks involving the classification and identification of objects, phenomena, and signals characterized by a finite set of properties and features arise in fields such as robotics, information retrieval, visual data monitoring and analysis, and artificial intelligence research. Currently, systems that recognize handwritten text, vehicle license plates, fingerprints, and human faces are widely used in software interfaces, security systems, and personal authentication (Elshenawy et al., 2026). Recently, significant progress has been made in visual image recognition with the emergence of dimension reduction methods, convolutional neural networks, deep learning, and constellation models. However, despite these achievements, current research confirms that object recognition algorithms cannot fully replace humans. The issue of recognizing images of three-dimensional objects from different viewpoints, subject to rotation, scaling, and translation remains pressing. Current approaches, such as multi-layer convolutional neural networks and the use of SIFT and ORB invariant feature detectors, offer only partial solutions that lack sufficient recognition accuracy and fail to capture the object's structural details (Wan et al., 2026).

Processing streaming video and detecting moving objects presents challenges. Another issue is recognizing blurry or out-of-focus images or images obscured by other objects within captured frames. Using cameras as a standardized device to determine various parameters of moving objects (e.g., distance, speed, and metric parameters) reduces the system's cost and simplifies the formalization of received information by reducing the variety of technical devices used. This enhances the multifunctionality of the monitoring system without requiring additional workstation configuration or hardware additions.

Multimodal architectures for AI/ML systems can simulate the input conditions currently used by drone operators in military operations to predict and respond to decisions. In typical military practice, diverse information formats are used for drone route planning such as

*tabular data*

flight altitude,  
flight start point,  
flight end point,

*image data*

photographs  
key frames of moving targets

*time series data*

reconnaissance data on the intensity of vehicle movement (based on satellite imagery),  
frequency of radio communications,

UAV activity,  
dynamics of thermal signatures

combat data

number of shelling incidents per day

ammunition expenditure

number of casualties (by period)

intensity of air raid alerts,

*logistical indicators*

fuel stocks over time

dynamics of ammunition supply

resource delivery times

load on transport routes

*Technical telemetry data*

Engine performance parameters

Navigation coordinates

Drone status indicators

Air defence system operating times

*Cybersecurity and information operations*

Number of DDoS attacks over time

Botnet activity

Dissemination of information messages

Trends in fake news

Time series analysis methods

The following are used in military analytics:

Moving averages

Exponential smoothing

ARIMA models

Recurrent neural networks (LSTM)

Sequence transformers

Bayesian forecasting models

Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) models that integrate various data modalities can significantly enhance the effectiveness of analysis and forecasting in military affairs. These models combine satellite imagery, video feeds from unmanned aerial vehicles, radio signals, military equipment telemetry, text-based intelligence reports, and time series of operational events.

In modern combat, information is received from various sources in real time. Multimodal models enable the automated processing of intelligence data, the identification of hidden patterns in combat activity time series, the prediction of missile or artillery strike likelihood, the detection of military equipment behavior anomalies, and the improvement of command situational awareness accuracy.

The integration of computer vision and natural language processing allows satellite imagery to be cross-referenced with textual intelligence reports. The analysis of telemetry signals over time enables the prediction of equipment failures or changes in enemy tactics. Deep neural networks, recurrent models (LSTMs), transformers, and graph knowledge models are used for this purpose.

Military time series are characterized by high volatility, sharp spikes, incomplete data, and hidden influences. Therefore, modern AI systems must be robust to noise, operate under conditions of limited information, and enable real-time decision-making.

The process of recognizing objects in a video stream can be divided into the following stages.

First, the frames in the video stream must be compared (Chen et al., 2026). At this stage, the problem is invariance of the frames. A video stream typically has 16-30 frames per second, so situations often arise where frames are identical or have minor differences. Three main approaches exist to solve this problem: comparing the hash values of two changing frames, calculating the correlation coefficient, and constructing and analyzing SURF descriptors.

Next, assess the image quality by checking for blurring, noise, and overexposure (Kagiyama et al., 2026). For a variety of reasons, an image within a frame may be damaged. Sometimes, the quality of the frame may be very poor and unsuitable for recognition. In this case, such frames should be discarded. At this stage, an assessment of contrast, sharpness, and clarity should be carried out. It is also possible to enhance sharpness or compensate for deficiencies in image quality.

The next stage involves reducing the image resolution. Among the issues that arise at this stage, high-resolution input frames are notable. Frames are received as pixel matrices. The higher the resolution, the more operations are performed and the more time is spent on recognition. However, it is sometimes possible to reduce the resolution while retaining sufficient data for processing.

Next, object recognition occurs within the image. Among the problems that arise at this stage, occlusion and transformation are notable. Sometimes, objects rotate, move, or become obscured by other objects. These problems are solved using appropriate recognition algorithms (Liu et al., 2026).

The next stage involves obtaining the recognition result.

Developing a universal system that can recognize and analyze different classes of objects remains challenging. The main limitations of such systems today are insufficient computing resources and imperfect algorithms. These software solutions can be used to monitor compliance with traffic regulations at barriers, checkpoints, level crossings, and motorways; monitor traffic flows; identify problem areas on roads; and organize access to specific areas. Input data consists of video frames or traffic recordings, and the result is a trained neural network that determines and identifies the location of objects.

The operation of the recognition algorithm can be divided into several main stages.

First, the video stream is optimized for processing. Only frames that differ significantly from one another are selected from the sequence. The highest-quality frame is chosen from similar ones for further analysis. This reduces computational costs because there is no need to analyze every frame, especially when changes are minimal. Additionally, selecting clearer, higher-contrast images improves recognition quality.

The second stage involves compressing and downsampling the image to minimize loss of information. This is necessary to improve the algorithm's performance because unprocessed images are usually large and require significant resources to process.

The third stage determines the boundaries of objects in the image. Contours are identified, and the number and locations of objects are established. Consequently, subsequent analysis focuses solely on the relevant areas of the image.

The fourth stage involves analyzing the descriptive characteristics of objects, such as color, dimensions, distance from the camera, speed, direction of movement, and position relative to the camera. These parameters are used to solve the system's practical tasks.

In the fifth stage, the object is classified by determining its class and type, as well as its significance to the system or potential to be an anomaly. This data can subsequently be used for decision-making and retraining adaptive neural networks.

The effectiveness of the proposed approach was verified through experimentation. The results were then compared with those of similar, well-known algorithms, particularly with regard to the proportion of correctly recognized images. Both synthetically generated images and publicly available datasets were used for testing.

However, developing unified and scalable pipelines that can consistently train multimodal AI/ML systems, which outperform single-modal systems, remains challenging. This motivates the development of a new "Holistic Artificial Intelligence in Military Affairs" (HAIM) framework: a modular machine learning pipeline that can adapt to extract standardized information from text data across various input modalities, such as tabular data, images, time series, and text. Methods for processing multimodal data using artificial intelligence

Various existing methods for processing multimodal data using artificial intelligence are shown in Fig. 1 (Merkotan, & Trotsko, 2025).

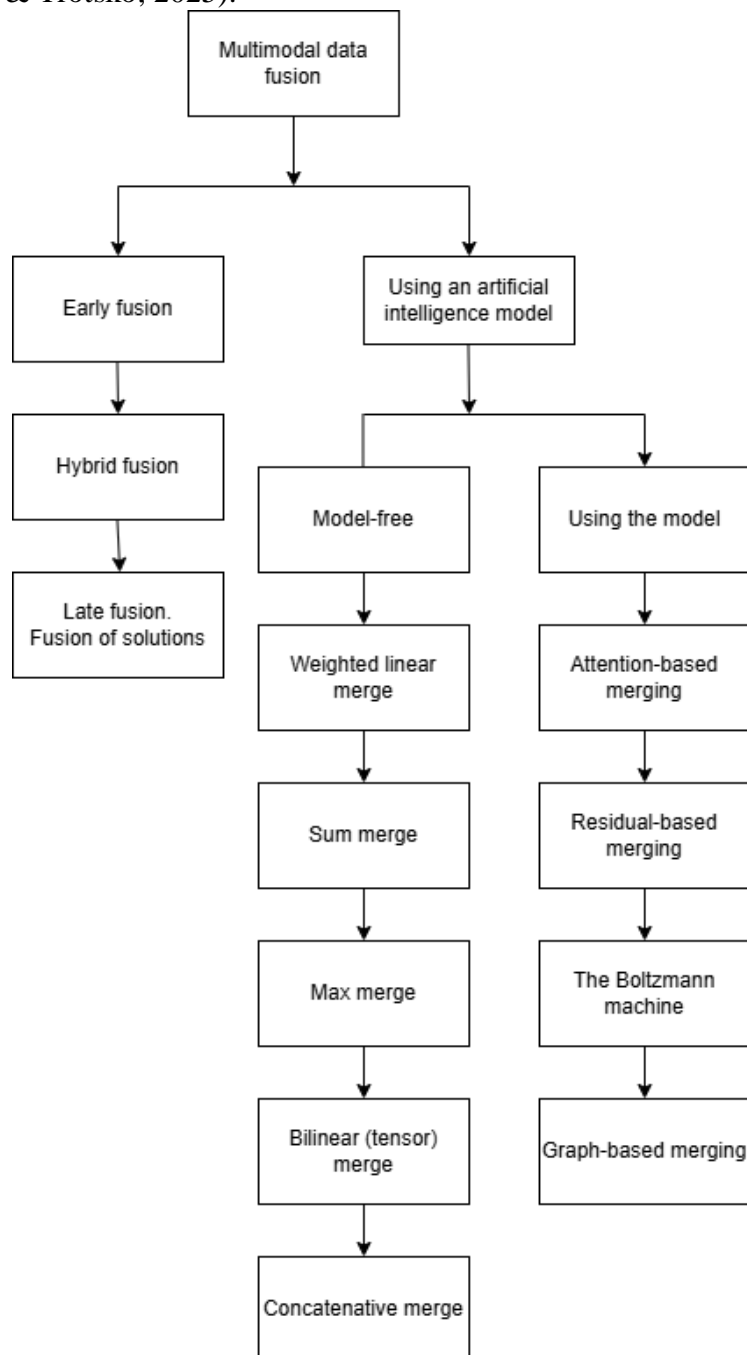


Fig. 1. Classification of multimodal data fusion

Multimodal data fusion can be classified by timing: early, intermediate, hybrid, late, or decision.

Using artificial intelligence, the fusion of multimodal data can be model-free or involve weighted linear, sum, maximum, bilinear (tensor), or concatenative fusion. When building an artificial intelligence model, however, fusion can be model-based, attention-based, residual-based, Boltzmann machine-based, or graph-based.

Feature-level fusion, also known as early fusion, is a technique used to integrate data from multiple modalities immediately after extraction. It is typically implemented by combining raw or pre-processed data from each modality.

In military applications, feature-level fusion, also known as early fusion, is a method of integrating extracted features from various sensors, such as radar, optical, infrared, acoustic, satellite, and other reconnaissance systems, by combining them into a single multidimensional feature vector. This improves the accuracy of detecting, classifying, and predicting target actions in command and control and situational awareness systems.

The growing popularity of deep learning has led to an increasing reliance on features automatically generated by neural networks, such as convolutional neural networks (CNNs), text-based features, and term frequency–inverse document frequency (TF-IDF). Another type of feature is audio features, which can be obtained by analyzing the spectrum of an acoustic signal. One method of doing so is by using a neural network–based cepstral feature extractor.

Feature-level fusion utilizes the correlation and interaction between the low-level features of each modality. Furthermore, when traditional statistical or expert features are used, only a single model needs to be trained since data from each source is combined at an early stage, resulting in a more compact model architecture. Early fusion can be implemented by concatenating the features of each modality, which results in a relatively large feature size. Dimension reduction methods, such as principal component analysis (PCA), project high-dimensional vectors into lower-dimensional spaces.

In intermediate fusion, also known as hybrid fusion, multimodal data is integrated by processing each data source through separate sub-modules up to a certain level of abstraction. Then, their latent representations are merged into a common feature space for further analysis, target classification, or decision support in command and control and situational awareness systems.

Hybrid fusion transforms raw input data into higher-level representations. Neural networks are commonly used to extract these features. The input data passes through several layers of the network and undergoes various linear and nonlinear transformations that generate low- or high-level feature vectors. Furthermore, each modality can be trained using an algorithm specific to that modality. During processing, output from one layer can be combined with output from other layers specific to different modalities.

Late fusion is a method of integrating multimodal data. It combines the results of processing each sensor or reconnaissance source at the decision-making stage. This is done by reconciling or aggregating partial conclusions. The goal is to improve the reliability of target detection and classification. Late fusion also supports command and control. These assessments are analyzed and acted upon to reach a final conclusion. Decision-level fusion has numerous advantages over feature-level fusion.

The features of each modality usually have different semantic representations. Such discrepancies can be exacerbated by issues such as time synchronization and data loss. Merging at the decision level enables the use of specific models and algorithms for each modality. For example, CNNs can be applied to visual data, and RNNs can be applied to temporal data. This approach often provides a better representation for each data type. However, the decision-level fusion approach does not account for correlations between features of each modality because separate models are built for each modality. This can lead to the loss of meaningful cross-modal information. Additionally, training can be time-consuming because each modality requires a separate model to obtain the necessary single-modal assessment.

Model-free fusion. Most multimodal fusion tasks use traditional, statistical, model-free methods. These methods are simple to implement and do not depend on a specific forecasting model.

Model-free fusion is also often used to create a unified representation of data that serves as input for many model-based fusion methods.

One method of combining data from multiple modalities in a linear manner is weighted linear fusion. It can be applied to both feature-level and decision-level fusion. The weights for each feature can be assigned manually or determined using machine learning models such as support vector machines (SVMs) or neural networks (Pester et al., 2023).

Maximum fusion is a technique that identifies the maximum.

$$F(x) = \max_{i=1, \dots, N} f_i(x) \quad (1)$$

between two attributes in each modality. It can be defined as follows :  $\max i = 1, \dots, N$  function  $f_i(x)$ .

$f_i(x)$  – output (probability, confidence interval or score) the  $i$ -th sensor/classifier,  $N$  – the number of sources,  $F(x)$  – the final decision.

The formula for *classification by class* is written as follows:

$$\hat{y} = \mathit{arg} \max_{c \in C} \left( \max_{i=1, \dots, N} P_i(c|x) \right) \quad (2)$$

where  $P_i(c|x)$  – the probability of class  $c$  from the  $i$ -th source,  $C$  – the set of classes,  $\hat{y}$  – the final selected class.

In artificial intelligence systems, the sum of  $S$  is used as one of the mechanisms for summing weight coefficients; additive combination of feature vectors; and aggregation of estimates from multiple models.

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

where  $x_i$  – represents the weighting coefficients of the classes and  $n$  – represents the number of feature vectors.

*Concatenative merging* is a method of combining data in which features from different sources or modalities are sequentially concatenated into a single, shared feature vector, ensuring that no original information is lost.

Suppose there are two feature vectors

$x^{(1)}$  – features from the first modality (e.g. images),

$x^{(2)}$  – features from the second modality (e.g. text or audio).

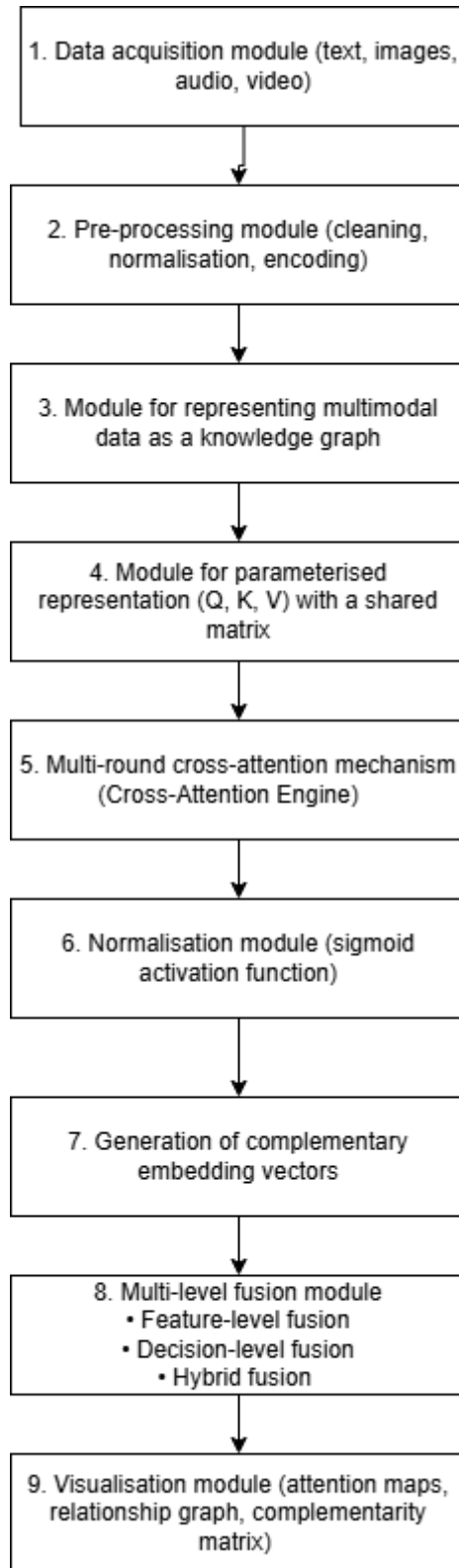
The result of the concatenation is then

$$x = [x^{(1)} || x^{(2)}] \quad (4)$$

Concatenative merging combines the vectors of two features,  $x^{(1)}$  and  $x^{(2)}$ , by adding one feature to the vector  $x$  at a time. Unlike previous methods, concatenative merging creates a composite feature.

It is preferable to combine the maximum and the sum when it is easy to calculate a forecast for each modality. However, a potential drawback of this method is that it can produce outliers that may override the features or predictions of other modalities. The concatenation method preserves most of the information but significantly increases the dimensionality of the merged vector. This creates problems when the task involves a large number of modalities.

One possible solution is to reduce the dimensionality of the data prior to merging using dimension reduction techniques, such as PCA (principal component analysis). Alternatively, one could use a fully connected layer, a pooling layer, or a convolutional layer with a large filter size to reduce the size of the input vector. However, all of these methods will inevitably result in a loss of information. Therefore, balancing performance and efficiency is critical.



*Fig. 2. System diagram*

Bilinear (tensor) fusion. Tensor fusion addresses the issue of heterogeneous data distribution in multimodal learning by combining each modality using bilinear or tensor fusion – a method of combining features from different modalities that accounts for the interaction of all pairs of components between feature vectors. Unlike summative or concatenative fusion, bilinear fusion allows the model to learn common patterns and dependencies between heterogeneous data.

$x^{(1)} \in R^{d_1}$  features from the first modality (e.g. satellite imagery),

$x^{(2)} \in R^{d_2}$  – indicators from the second modality (e.g. equipment telemetry).

The bilinear fusion forms the interaction tensor:

$$Z = x^{(1)} \otimes x^{(2)} \quad (5)$$

where  $\otimes$  – outer product. Each element of the tensor  $Z_{ij} = x^{(1)} \otimes x^{(2)}$

reflects the interaction between the  $i$ -th feature of the first modality and the  $j$ -th feature of the second modality.

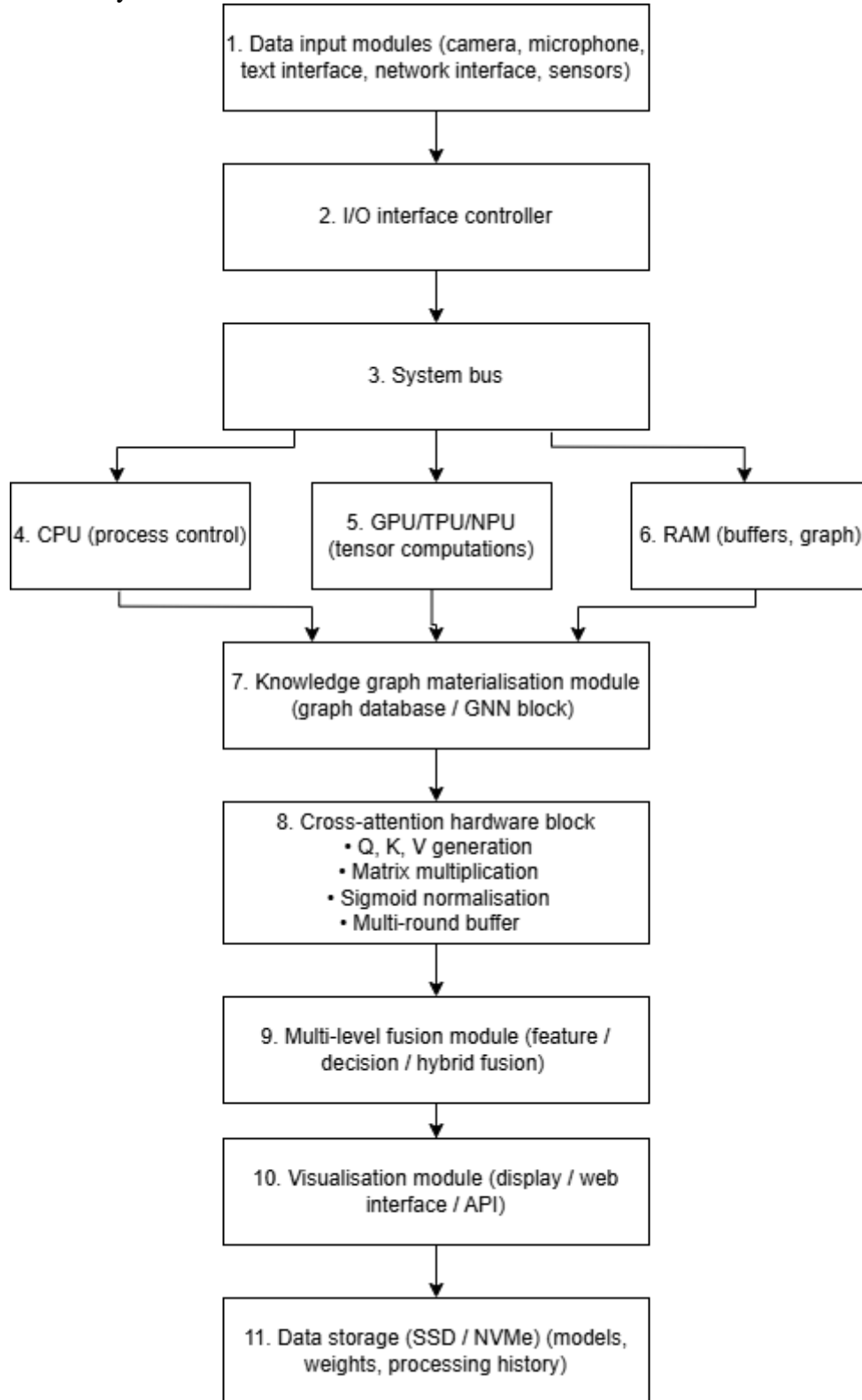


Fig. 3. Block diagram of the hardware implementation of a system for the analysis and visualisation of multimodal data

The study examines model-free methods, such as linear weighted, concatenative, and bilinear fusion, as well as model-based data fusion techniques, including those based on attention mechanisms, residual layers, and graphs. These techniques are capable of adaptively processing data from different modalities while taking into account intramodal, intermodal, and cross-modal correlations (Pester, & Sulema, 2020).

Consider the following time series in a dataset:

1. **artillery\_intensity\_mean**: The average intensity of artillery fire over the observation period. It is used as an indicator of escalating hostilities.
2. **drone\_activity\_mean**: The average number of recorded UAV activities. It reflects the level of reconnaissance or preparatory activity.
3. **radio\_activity\_mean**: The average frequency of radio communications. It is a marker of unit coordination.
4. **fuel\_supply\_trend**: Trend in fuel stock changes (positive indicates accumulation and negative indicates depletion). A decrease in stocks may indicate the active use of equipment.
5. **air\_alerts\_sum**: The total number of air alerts for the period.

The data values are shown in Table 1.

*Table 1. The significance of a time series dataset*

<b>artillery_intensity</b>	<b>drone_activity</b>	<b>radio_activity</b>	<b>fuel_supply</b>	<b>air_alerts</b>
12	4	30	78	1
15	5	35	74	2
21	7	60	69	3
35	12	85	62	5
42	15	102	55	6
50	18	130	49	7
63	25	160	43	9

The second modality is equipment telemetry. Telemetric indicators are numerical parameters automatically measured by sensors and transmitted from technical systems, such as equipment, unmanned aerial vehicles (UAVs), radars, engines, and air defense systems, for remote monitoring of their status and activity. These objective technical measurements reflect the physical condition and movement of objects in real time.

**avg\_speed\_kmh** – average speed of the vehicles.

Indicates the level of mobility of the units.

**coord\_shift\_km** – coordinate shift over the period.

Indicates a redeployment or an offensive manoeuvre.

**engine\_temp** – engine temperature. A rise in temperature may indicate that the machinery is in active use.

**thermal\_signature** – thermal signature (normalised value).

Used to detect the presence of vehicles via infrared sensors.

*Table 2. The significance of the equipment telemetry dataset*

<b>avg_speed_kmh</b>	<b>coord_shift_km</b>	<b>engine_temp</b>	<b>thermal_signature</b>
18	3.2	75	0.42
22	5.1	83	0.51
31	8.7	91	0.66

Image features (CNN features) are numerical vectors obtained after an image has been processed by a convolutional neural network (CNN). A CNN automatically identifies high-level spatial patterns that cannot be effectively defined manually.

Dimensional vector 8: **img\_features** = [0.12, 0.44, 0.78, 0.21, 0.66, 0.53, 0.88, 0.39].

An image (e.g. from a UAV or satellite) is fed into a CNN. The network processes the data through convolutional layers, pooling, and non-linear activation functions. A feature vector (embedding) is extracted prior to the final classification layer.

Although the features are abstract, they typically encode: equipment density, spatial geometry, the presence of columns, camouflage features, thermal anomalies, and changes in the landscape.

Text features (after TF-IDF / Transformer embedding)

$V = [0.71, 0.55, 0.13, 0.84, 0.62, 0.47]$ .

Mapping text into a vector space using TF-IDF or Transformer embeddings formalizes semantics by enabling the application of mathematical tools to linguistic objects. This process is known as text vectorization or feature extraction.

Each coordinate of the vector  $v_i$  corresponds to a specific word from a fixed vocabulary. The value "0.84" in the fourth position indicates that the fourth word in the vocabulary is a key descriptor for this text; it has a high discriminatory power for identifying the subject matter.

#### A. Semantic Approach: Transformer Embeddings

Transformer models, such as BERT or RoBERTa architectures, use the Self-Attention mechanism to generate contextualized vectors. A vector of dimension  $n$  (in your case  $n = 6$ ) is a projection of the text into a dense multidimensional feature space. Unlike TF-IDF, where vectors are sparse, here each coordinate is a latent semantic feature that reflects syntactic connections, modality, or conceptual load. The vector describes the "essence" of the message. Sentences that are similar in meaning, even without common words, will have high cosine proximity in this space.

#### B. Analysis of the five vector as a feature

The vector  $V \in R^6$  is a formalised descriptor of a text object.

Semantic differentiation: Calculation of the Euclidean distance ( $L_2$  norm) between your vector and reference vectors of known threat categories

1. Dimension reduction: If the original space was significantly larger, the vector presented is the result of data compression (e.g. via PCA or t-SNE) for subsequent classification.

2. Data aggregation: This vector may form part of a larger tensor describing the dynamics of the information field over a specific period of time.

The process of transforming raw text into a vector  $V$  can be described by the following algorithm:

Stage I: Tokenisation and lemmatisation. Breaking the text down into its constituent units and converting them into their standard form.

Stage II: Embedding. Application of the transformation  $\Phi: T \rightarrow \mathbb{R}^n$ , where  $T$  is the set of texts and a  $n=6$ .

Stage III: Normalisation. Scaling the vector to a length of one for correct comparison with other vectors in the corpus.

6-dimensional vector:  $\text{text\_features} = [0.71, 0.55, 0.13, 0.84, 0.62, 0.47]$ .

#### Forming a multimodal vector

Concatenation:

$X_{\text{concat}} = [\text{time\_series\_features}, \text{telemetry\_features}, \text{img\_features}, \text{text\_features}]$

#### Bilinear fusion:

Example for image + time series:

$$Z = x_{\text{image}} \otimes x_{\text{timeseries}} \quad Z = x_{\{\text{image}\}} \otimes x_{\{\text{timeseries}\}} \quad Z = x_{\text{image}} \otimes x_{\text{timeseries}}$$

Let us obtain a tensor of dimension:

$$8 \times 5 = 40 \text{ interactions}$$

An example of a complete record for a single object

ID: 0001

Artillery trend: increasing

Drone activity: high

Radio activity: high

Fuel supply: decreasing  
 Thermal signature: high  
 Image density score: 0.78  
 Text threat level: 0.84  
 Target: 1

**Recommended dataset size**

For the experiment:

- 5 000-10 000 records
- 50/50 class balance
- 4 modalities
- 30-80 features after extraction

What the dataset contains:

- 5 aggregated time series metrics
- 4 telemetry features
- 8 image features (CNN embeddings)
- 6 text features (Transformer embeddings)
- 1 target variable: attack\_next\_24

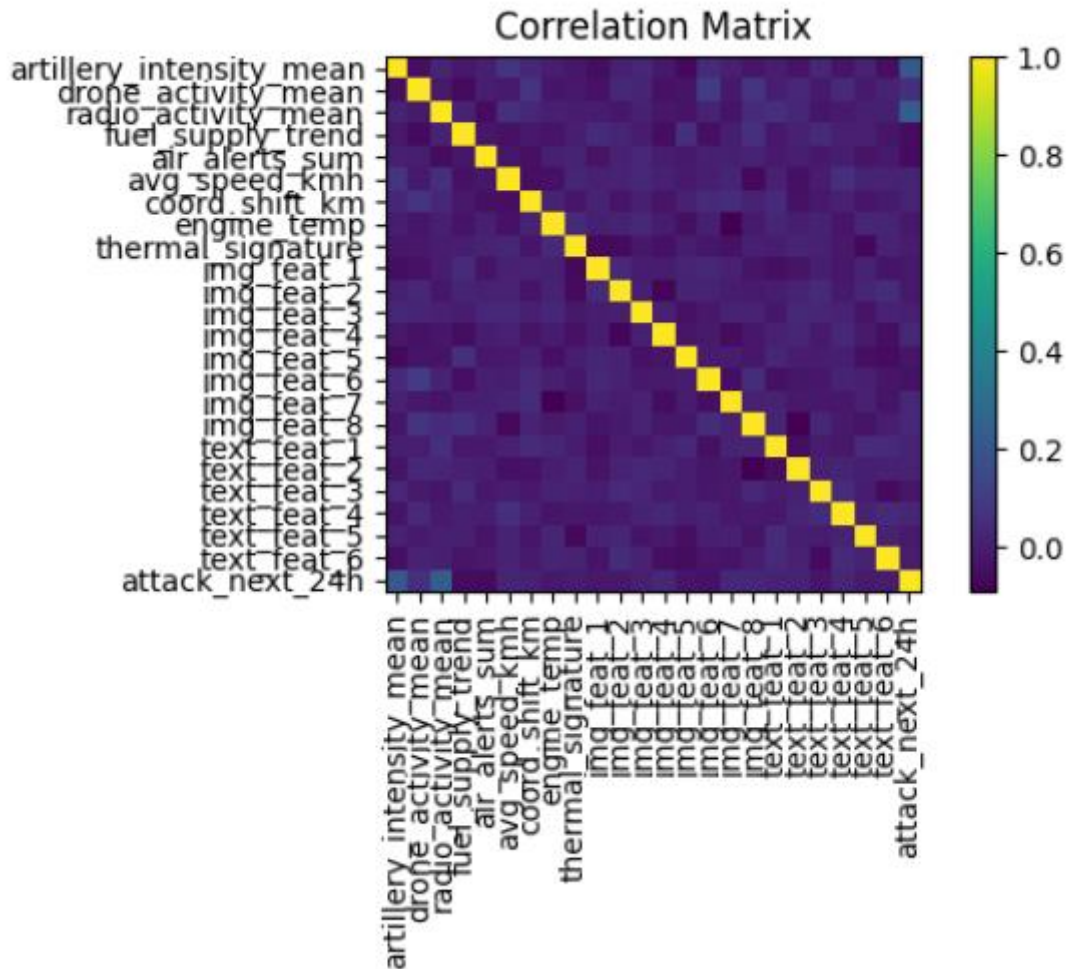


Fig. 4. Correlation matrix

**Correlation matrix**

Results:

All VIF values  $\approx 1.02 - 1.04$

No variable exceeds the critical thresholds:

VIF > 5 – moderate multicollinearity

VIF > 10 – severe multicollinearity

**Conclusions.** This paper examines approaches to building systems that analyze multimodal data and recognize objects in video streams. It demonstrates that using multiple modalities, such as images, text, sensors, and temporal data, significantly improves model informativeness and decision-making accuracy compared to monomodal approaches.

The paper analyzes modern methods of multimodal data processing, with a focus on approaches based on attention mechanisms, graph neural networks, generative models, and encoding-decoding methods. The paper establishes that effective data fusion is a critical stage that can occur at the feature, intermediate representation, or decision levels. Each approach has its own advantages and limitations; the choice of method depends on the task type and data characteristics.

We propose a structure for a multimodal data processing system comprising modules for data acquisition, preprocessing, creating a shared representation space, cross-attention mechanisms, and multi-level fusion. This approach considers both intra-modal and inter-modal dependencies, improving the analysis quality of complex objects and processes.

The specific features of the object recognition task in a video stream are examined, and the main stages of its implementation are identified: frame processing optimization, image quality assessment, dimensionality reduction, object detection, and object classification. It has been determined that modern systems are limited by computational resources, noise, occlusion, and variability in observation conditions.

The practical benefits of using multimodal models for monitoring, traffic analysis, security systems, and military analytics have been demonstrated. Integrating heterogeneous data sources, such as video, telemetry, text intelligence, and time series, improves forecasting accuracy, identifies hidden patterns, and enhances situational awareness.

Therefore, future research should focus on developing unified, scalable, and noise-robust multimodal models, as well as optimizing data fusion methods and reducing computational complexity without compromising information quality.

### Acknowledgements

The research was conducted with the grant support of the National Research Foundation of Ukraine "Methods of analysis and optimization of multimodal data for deep learning models in the military sphere", project registration No. 2025.07/0017 dated 12/24/2025.

### References:

1. CHEN, T., ZHANG, K., WU, Q., CHEN, X., CHANG, C., SUN, X., ... & JI, R. (2026). Scaling the Long Video Understanding of Multimodal Large Language Models via Visual Memory Mechanism. *arXiv preprint arXiv:2603.29252*.
2. ELSHENAWY, A., ABDELNABY, K. M., ROHAIM, M. A., MOHAMED, A., SHALALDEH, A., & AL-ESSA, M. (2026). Design and Implementation of an Embedded System for Vehicle Anti-Theft Using Face Recognition and Live Location Tracking on Raspberry Pi.
3. GUBARENKO, E. V., GUBARENKO, M. S., & ANTONIUK, M. V. (2021). Object recognition in video streams. *Automated Control Systems and Automation Equipment*, (177), 18-28.
4. KAGIYAMA, N., TOKODI, M., HATHAWAY, Q. A., ARNAOUT, R., DAVIES, R., DEY, D., ... & SENGUPTA, P. P. (2026). PRIME 2.0: proposed requirements for cardiovascular imaging-related multimodal-AI evaluation: an updated checklist. *Cardiovascular Imaging*, 19(2), 225-251.
5. LI, X., MA, Y., YE, K., CAO, J., ZHOU, M., & ZHOU, Y. (2026, February). Hy-facial: Hybrid feature extraction by dimensionality reduction methods for enhanced facial expression classification. In *Eighteenth International Conference on Machine Vision (ICMV 2025)* (Vol. 14114, pp. 206-213). SPIE.

6. LIU, Y., LI, W., LIU, L., ZHOU, J., PENG, B., SONG, Y., ... & LI, X. (2026). ATRNet-STAR: A large dataset and benchmark towards remote sensing object recognition in the wild. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
7. MERKOTAN, D. YU., & TROTSKO, O. O. (2025). Methods for processing multimodal data in information systems using artificial intelligence models. *Proceedings of Kharkiv National University of the Air Force*, (2 (84)), 117-125.
8. PESTER, A., & SULEMA, Y. (2020, February). Multimodal Data Representation Based on Multi-image Concept for Immersive Environments and Online Labs Development. In *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 205-222). Cham: Springer International Publishing.
9. PESTER, A., SULEMA, Y., DYCHKA, I., & SULEMA, O. (2023). Temporal Multimodal Data-Processing Algorithms Based on Algebraic System of Aggregates. *Algorithms*, 16 (4), 186.
10. WAN, H. P., FANG, T. L., ZHU, Y. K., WANG, C., & WANG, N. B. (2026). An improved SIFT-based method for non-contact bridge displacement measurement. *Advanced Engineering Informatics*, 71, 104145.

### 3.4. DIGITAL DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FINANCIAL MANAGEMENT IN THE INSURANCE SECTOR

**Introduction.** Insurance finance has a structure that differs from the financial management of trade, production or service companies. The insurer first receives a premium and later carries the obligation to pay a claim, sometimes after a long period and under uncertain conditions. This makes the financial function in insurance dependent on risk selection, actuarial assumptions, claims development, reserves, reinsurance, investment income and regulatory capital. A weak digital basis in such a business does not only slow reporting; it can distort the assessment of solvency, profitability and risk. The Ukrainian insurance sector has been developing under the influence of three forces. The first force is wartime pressure on clients, assets, staff and business continuity. The second one is a renewed regulatory environment after the National Bank of Ukraine became the regulator of non-bank financial services and after the new Law of Ukraine “On Insurance” entered into practical application. The third one is the digital behavior of customers and partners. Clients expect fast policy issuance, remote communication, electronic documents, digital payments, and clear information about claim settlement. These expectations create a direct impact on the financial management of insurers, because every digital contact changes the speed of premium collection, the structure of acquisition costs, the amount of data available for underwriting and the timing of claims. The National Bank of Ukraine notes that in Q4 2024 risk insurers’ assets increased by 3%, life insurers’ assets by 5%, and ten insurance companies left the market, nine of them from the non-life segment (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 4*). The same review states that, by the end of Q4 2024, all insurers met solvency capital requirements (SCR) and minimum capital requirements (MCR), while three companies had SCR values within the range of 100-120% (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 7*). These facts indicate that Ukrainian insurance finance is moving from a model based mainly on sales volume and formal accounting to a model where capital, reserves, acceptable assets and risk controls have a stronger role.

Digital directions in insurance should therefore be assessed through their influence on finance. A mobile application may improve service, but for the finance department its value depends on premium collection, retention, cost of acquisition and claim notification. Artificial intelligence may support underwriting, but its value depends on the loss ratio, portfolio quality and model governance. API connections may support intermediaries, but their financial value depends on commission control, reconciliation and timely reporting. The same principle applies to cloud infrastructure, electronic document flow, data lakes, customer portals and automated claim settlement.

*The aim* of the article is to substantiate the digital directions for the development of financial management in the insurance sector and to determine how these directions can strengthen the financial stability, profitability and risk control of Ukrainian insurers. *The tasks* is to clarify the specific nature of insurance financial management; to identify the areas of the insurance value chain where digital tools affect financial decisions; to summarize selected official data on the Ukrainian insurance market; to connect digital directions with underwriting, claims, reserves, reinsurance and solvency; to define risks related to AI, data quality and outsourcing; to propose a sequence of practical actions for insurers.

**Main material.** The digital development of insurance finance begins with the structure of data. An insurer works with policy data, client data, insured object data, premium schedules, claim files, medical or vehicle records, reinsurance contracts, investment assets, commissions, reserves and regulatory indicators. If these data are stored in separate systems without common identifiers, the finance department receives delayed and partial information. Such fragmentation affects several core processes: profitability by product, claim reserving, reinsurance recovery, solvency calculation, commission control and cash-flow forecasting. McKinsey states that the insurance industry relies on digital technology to develop products, assess claims and provide customer experience, but many insurers still operate with old and parallel IT systems that increase maintenance costs and slow the development of new functions (Krishnakanthan et al., 2019, p. 1). This observation is especially

relevant for insurance finance. A financial manager may have correct accounting figures, but still lack a timely view of the loss development of a product line, the real acquisition cost of a channel, the reinsurance balance by treaty, or the exposure concentration by region. The first digital direction is data architecture for financial and actuarial decisions. Insurance data must be organized so that each policy, payment, claim, reserve and reinsurance transaction can be traced. For financial management, this means a common data model between underwriting, claims, accounting, actuarial function, risk management and regulatory reporting. The purpose is not to create a large database for its own sake. The purpose is to make financial indicators explainable: why the loss ratio changed, which channel created higher commission pressure, which class of insurance generated reserve growth, which claims require additional attention, and which assets can cover technical reserves.

The National Bank of Ukraine's supervisory statistics page states that the regulator publishes financial indicators that characterize the state of the banking sector and the activities of non-bank financial services market participants, including insurers (*National Bank of Ukraine, 2026*). For insurance companies, the availability of supervisory statistics creates an external benchmark. An insurer can compare internal indicators with sector trends: assets, premiums, claims, reserves, acceptable assets, concentration, profitability and capital requirements. Digital financial management should include such benchmarking in dashboards used by management and risk committees.

Table 1 presents selected indicators from the National Bank of Ukraine's review that directly influence digital financial management priorities in insurance.

*Table 1. Indicators of the Ukrainian insurance sector relevant to digital financial management*

Indicator	Period / date	Value	Financial management interpretation
Change in assets of risk insurers	Q4 2024	+3%	Asset data and reserve coverage need regular digital monitoring
Change in assets of life insurers	Q4 2024	+5%	Long-term liabilities require stronger asset-liability analytics
Insurance companies that left the market	Q4 2024	10 companies	Consolidation increases the value of portfolio and capital analytics
Insurance companies that left the non-life segment	Q4 2024	9 companies	Non-life portfolios need disciplined financial and claims control
Reinsurance premiums transferred	Q4 2024	-6%	Reinsurance planning should be linked with product risk and capital
Non-life insurance premiums	2024	exceeded the pre-war level	Product profitability must be measured after claims, commissions and reserves
Life insurers' profit	2024	UAH 1,4 billion	Life finance needs investment, reserve and lapse-risk analytics
Non-life insurers' net profit	2024	UAH 2,5 billion; +31% y/y	Profitability control should move to product, channel and claim cohorts
ROE of non-life insurers	2024	14%	Capital allocation should be connected with underwriting return
Compliance with SCR and MCR	1 January 2025	All insurers complied	Solvency dashboards become part of financial management
Companies with SCR within 100-120%	1 January 2025	3 companies	Early warning tools are needed for capital-sensitive insurers

*Source: compiled by the authors based on the National Bank of Ukraine data (National Bank of Ukraine, 2025, p. 4-7)*

The data in Table 1 show that digital development in insurance finance has to serve several goals at the same time. The first is solvency control. If capital requirements become stricter, the finance function must monitor acceptable assets, technical reserves, risk modules and capital buffers more frequently. The second is portfolio profitability. Premium growth does not guarantee a stable result if claim frequency, claim severity, commissions and reinsurance costs change. The third is business continuity. Market exits and consolidation increase the role of portfolio transfer, claims databases, customer data migration and reserve verification.

The second digital direction is underwriting and product profitability management. In insurance, underwriting is a financial process before it becomes a sales or operational process.

Every accepted risk changes the future claim obligation and capital need. Digital underwriting tools can use internal loss history, external data, vehicle data, medical information, geolocation, customer behavior, payment discipline, fraud signals and macroeconomic variables. Their financial result must be measured through loss ratio, combined ratio, reserve development, retention and return on capital. EIOPA's report on the digitalisation of the European insurance sector indicates that AI is already used by 50% of respondents in non-life insurance and by 24% in life insurance, while an additional 30% of non-life and 39% of life insurers expect to use AI in the next three years (*European Insurance and Occupational Pensions Authority, 2024, p. 4*). The same report notes that pricing and claims management are among the areas where AI use cases are concentrated (*European Insurance and Occupational Pensions Authority, 2024, p. 26*). For Ukrainian insurers, this means that underwriting analytics will gradually become a normal element of competition, not an experimental addition. However, the quality of the result depends on data completeness, actuarial validation and the ability to explain decisions. A practical underwriting dashboard should not be limited to policy count and premium amount. It needs to show expected loss, observed loss, commissions, reinsurance share, claim frequency, average claim amount, renewal behavior, cancellations, concentration by territory and customer group. For motor insurance, such a dashboard may include vehicle age, region, claim history and repair cost inflation. For health insurance, it may include utilization of medical services, provider network costs and large claims. For property insurance, it may include exposure to war-related exclusions, fire risk, location and asset value changes. Digital underwriting also changes the relationship between financial managers and actuaries. The actuarial function estimates risk and reserves, while the finance function evaluates cash flow, capital, profit and reporting. In a digital insurer, these functions should not work with separate data extracts. They need a shared data environment, common portfolio definitions and clear responsibility for model assumptions. Otherwise, the same insurance class may produce different results in actuarial analysis, management accounts and regulatory reports.

McKinsey's Global Insurance Report 2025 stresses that for insurers, profitable growth has become harder to find in a volatile environment; in commercial property and casualty, premiums increased by an average of 8% annually during the past five years, while market dynamics were heavily influenced by price movements (*McKinsey & Company, 2024, p. 27-29*). The report also emphasizes that only 40% of an insurer's performance is driven by the lines of business in which it participates, while 60% is driven by how it operates (*McKinsey & Company, 2024, p. 33*). This point is important for financial management: a company cannot rely only on market growth or tariff increases. It must improve underwriting discipline, claims handling, distribution costs, portfolio segmentation and capital use.

The third digital direction is claims analytics and reserve control. Claims are the place where the insurer's promise becomes a cash outflow. For the finance department, each claim affects the reserve, liquidity, profitability and customer trust. A delayed or incomplete claim file can distort financial results. A fast claim process without proper controls can increase fraud and leakage. Therefore, digital claims management must combine speed, traceability and financial verification. Digital claim tools may include online first notice of loss, photo and video upload, automatic document recognition, repair cost estimation, fraud scoring, claim routing, reserve recommendation and settlement tracking. These tools should be connected with accounting and actuarial systems. The finance function needs to know not only how many claims were closed, but how reserves changed, how much was paid, how many claims were reopened, which providers created cost deviations, and which product lines showed claim inflation. EIOPA notes that digitalisation creates opportunities for faster and automated processes, while risks include cyber risk, data issues, outsourcing concentration and possible unfair treatment of customers (*European Insurance and Occupational Pensions Authority, 2024, p. 4-5, 42-45*). In claims management this balance is critical. Automation can accelerate standard claims, but complex cases require human review. AI may detect suspicious patterns, but it should not automatically reject claims without governance and appeal mechanisms. The financial benefit of claims automation is therefore not only shorter processing time. It is also better reserve accuracy, lower leakage, lower fraud losses and stronger predictability of cash

outflows. For Ukrainian insurers, claim analytics has an additional wartime dimension. Some risks are excluded, some require special wording, some claims have documentation difficulties, some insured objects are located in high-risk areas. Digital archives, geolocation data, document history and communication records help insurers protect financial discipline. At the same time, they need ethical rules for customer communication, because the claim process is sensitive for policyholders. A purely mechanical digital process can reduce trust if it ignores context.

The fourth digital direction is API-based distribution, electronic documents and cash-flow management. Distribution channels are financially important because they shape acquisition costs, premium collection timing and customer retention. The NBU review points to the role of retail growth in insurance premiums and to product differences in premium and claim dynamics (*National Bank of Ukraine, 2025, p. 5*). If an insurer sells through agents, banks, brokers, online aggregators and direct channels, the finance department must compare channel profitability after commission, claim ratio, cancellation rate and servicing cost. APIs can connect insurers with banks, brokers, online platforms, automotive dealers, travel companies, medical networks and corporate clients. This can support embedded insurance, quick policy issuance, automatic premium reconciliation and faster reporting of sold policies. However, API-based distribution requires financial controls: commission calculation, premium receipt matching, policy status reconciliation, cancellation handling, refund control and partner performance monitoring. Without these controls, digital sales channels can create hidden financial losses. EIOPA reports that pure digital distribution channels still play a secondary role in the EU insurance channel mix, especially for life insurance, while customers still use physical channels, though online tools are used for comparison and information (*European Insurance and Occupational Pensions Authority, 2024, p. 3*). This finding is useful for Ukraine because it cautions against assuming that digital sales will replace existing channels immediately. A more realistic direction is hybrid distribution: digital quotation and documentation combined with agent, bank or broker support. Financial management must measure the cost and profitability of each hybrid model. Electronic documents also influence finance. A policy, invoice, claim document, reinsurance statement, medical act or repair invoice should not remain only a file. It should carry structured data. Optical character recognition and document intelligence tools can help extract amounts, dates, parties and contract references. Yet the finance function needs validation rules. A wrong extracted amount in a claim document or reinsurance bordereau can directly affect reserves and payments. Therefore, document automation should be tied to approval workflows and exception management. Cash-flow management in insurance has several layers. Premiums may be paid once or in instalments. Claims can be frequent and small or rare and large. Reinsurance recoveries may arrive with delay. Investment assets must cover liabilities and capital needs. Digital cash-flow planning should combine premium schedules, expected claims, claim triangles, reinsurance recoveries, operating expenses, taxes, commissions and investment maturities. A simple treasury calendar is not enough for insurers. They need financial models that connect actuarial assumptions with payment timing.

The fifth digital direction is artificial intelligence governance, cyber resilience and model risk management. AI is entering the insurance value chain in sales, underwriting, pricing, claims, fraud detection, customer service and internal finance. McKinsey's 2025 report on AI in insurance states that only a small number of insurers have extracted substantial value from AI, and that success requires a strategic approach that rewires the enterprise (Milinkovich et al., 2025). This statement is relevant for insurance finance because isolated AI pilots often create presentations but do not change loss ratios, expense ratios, reserve quality or capital allocation. AI governance is not a formal appendix to innovation. It is part of financial management. If an AI model influences risk selection, price, claim payment or fraud flagging, it also influences revenue, expenses, provisions and customer outcomes. IAIS states that its Application Paper supports supervisors in considering how Insurance Core Principles apply to insurers and intermediaries when AI is used in different segments of the insurance value chain (*International Association of Insurance Supervisors, 2025, p. 11*). It also connects AI oversight with governance, internal controls, enterprise risk management, conduct of business and fair treatment of customers (*International Association of Insurance Supervisors, 2025, p. 12*). This creates a practical requirement for insurers: every high-impact AI use

case should have a financial owner and a risk owner. The financial owner checks whether the model improves a measurable result: lower claims leakage, better fraud detection, lower servicing cost, better retention, improved reserving accuracy. The risk owner checks fairness, explainability, data protection, cyber risk, third-party dependence and auditability. A model that cannot be monitored should not be used in critical financial decisions. IAIS also notes that FinTech can create opportunities for financial inclusion and policyholder value, while alternative data and advanced analytics may disrupt the insurance market and affect consumer trust (*International Association of Insurance Supervisors*, 2022, p. 4). For insurance finance, trust is not abstract. If customers believe that pricing or claim settlement is unfair, the insurer may face complaints, reputational damage, regulatory attention and higher retention costs. Therefore, digital finance in insurance must combine efficiency with conduct risk control.

Cyber resilience is a separate financial management direction. Insurance companies hold sensitive personal data, health data, vehicle data, financial data and claim records. A cyber incident can stop policy issuance, claim payments, regulatory reporting and access to investment data. It can also create legal and reputational costs. EIOPA found that cyber risks are perceived by insurance undertakings as the main risk arising from digitalisation (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*, 2024, p. 4). This means that a digital insurer needs not only IT security, but a financial continuity plan: how to pay claims, receive premiums, access reserves data, report to the regulator and communicate with clients during disruption. The Ukrainian legal framework reinforces the need for disciplined management. The Law of Ukraine “On Insurance” is aimed at strengthening protection of clients’ rights and legitimate interests by establishing requirements for governance systems, solvency, disclosure, the conclusion and servicing of insurance contracts, and the performance of insurance and reinsurance agreements (*National Bank of Ukraine*, 2021). Digital tools can help insurers meet these requirements, but they cannot replace governance. A company may use advanced models and still fail if decisions are not documented, roles are unclear, or customer information is incomplete. A practical program for digital development of insurance financial management can be organized in stages. The first stage is diagnostic. The insurer maps data flows from policy issuance to accounting, claims, reserves, reinsurance and regulatory reporting. It identifies duplicate data, manual reconciliations, weak controls and delayed reports. The second stage is data standardization. The insurer defines common dictionaries for products, channels, clients, insured objects, claim types, partners and reinsurance treaties. The third stage is financial dashboards. Management receives regular views of premiums, claims, reserves, commissions, expenses, investment assets and solvency indicators.

The fourth stage is process automation. It can cover policy accounting, premium reconciliation, claim document routing, commission calculation, reinsurance bordereaux, reserve updates and regulatory data preparation. The fifth stage is advanced analytics. The insurer introduces pricing models, claim severity models, fraud detection, lapse analysis, portfolio profitability and capital allocation. The sixth stage is AI governance and model control. The company sets rules for model approval, monitoring, documentation, human review and customer protection. The effect of digital development should be measured. For underwriting, indicators may include loss ratio by cohort, price adequacy, approval time, share of policies with complete risk data and deviation between expected and actual claims. For claims, indicators include average settlement time, reserve accuracy, reopening rate, leakage, fraud recovery and customer complaints. For finance, indicators include closing time, reconciliation errors, reserve adjustment size, investment compliance, solvency buffer, cash-flow forecast error and reporting cycle. For distribution, indicators include acquisition cost, commission rate, premium collection delay, retention and policy cancellation. Digital directions also change the role of finance professionals in insurance. Accountants, financial managers, actuaries and risk managers need to understand data quality, model limits, workflow design and cybersecurity basics. The finance department becomes a participant in product design, channel assessment, claim strategy and AI governance. This does not remove the classical tasks of reporting and control. It adds a new task: to ensure that digital systems produce figures that can be trusted.

The discussion of digital insurance finance should also consider the investment side. Insurers hold assets to cover liabilities and capital needs. Digital tools can help monitor asset quality, maturity, liquidity, concentration and compliance with eligibility rules. For life insurers, asset-liability management is particularly important because liabilities may be long-term and sensitive to interest rates, lapses and demographic assumptions. For non-life insurers, liquidity and claims volatility are more visible. In both segments, the finance function needs dashboards that link liabilities and assets rather than viewing them in separate reports. Reinsurance is another area where digital tools influence financial management. Reinsurance contracts affect risk retention, capital, claims recovery and profit. Manual processing of reinsurance data can delay recoveries and distort net results. A digital reinsurance module should track treaties, limits, deductibles, ceded premiums, recoverable claims, reinsurer balances and overdue amounts. This is especially relevant when war-related exclusions, large property claims or cross-border reinsurance arrangements create complex documentation. The development of digital financial management in Ukrainian insurance should not copy foreign models mechanically. The Ukrainian market has its own constraints: war risk, migration, infrastructure disruptions, regulatory transition, uneven digital maturity of companies and clients, concentration in several product classes. At the same time, the market has strong prerequisites: high use of digital payments, established electronic identification tools, growth of online services, active regulation by the NBU and experience of operating under shocks. A realistic digital path for insurers is therefore selective and finance-oriented. It begins with the processes that most affect solvency, claims, cash flow and profitability.

**Conclusions.** Digital directions for the development of financial management in the insurance sector should be assessed through their influence on premiums, claims, reserves, reinsurance, solvency capital, investment assets and profitability. Online sales or customer applications are only the visible part of insurance digitalisation. The deeper financial effect appears when data architecture, underwriting, claims, distribution, reinsurance, investments and regulatory reporting work in a connected environment. The Ukrainian insurance sector has entered a period in which financial management must combine wartime resilience, regulatory discipline and digital modernization. NBU data for 2024 show asset growth in both life and non-life insurance segments, market exits, profit in both segments and full compliance with SCR and MCR requirements at the beginning of 2025. These conditions create demand for solvency dashboards, claims analytics, capital monitoring and product profitability control. The most important digital directions are: data architecture for financial and actuarial decisions; digital underwriting and profitability analysis; claims analytics and reserve control; API-based distribution and cash-flow management; AI governance and cyber resilience. Each direction has to be connected with measurable financial indicators. Otherwise, digitalisation may increase technical complexity without improving management results. International experience confirms this conclusion. The focus on digital financial management indicators for Ukrainian insurers by business line: motor insurance, health insurance, property insurance, life insurance, travel insurance and corporate risk insurance. Special attention should be paid to the connection between digital claims management and reserve accuracy, between digital underwriting and loss ratio, between API distribution and acquisition cost, and between AI governance and consumer trust.

## References:

1. *European Insurance and Occupational Pensions Authority.* (2024). Report on the digitalisation of the European insurance sector. [https://www.eiopa.europa.eu/document/download/6ca9e171-42b9-44d7-a2e6-beaf0134ecb8\\_en?filename=Report+on+the+digitalisation+of+the+European+insurance+sector.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/document/download/6ca9e171-42b9-44d7-a2e6-beaf0134ecb8_en?filename=Report+on+the+digitalisation+of+the+European+insurance+sector.pdf).
2. *International Association of Insurance Supervisors.* (2022). IAIS Report on FinTech developments in the insurance sector. <https://www.iais.org/uploads/2022/12/IAIS-Report-on-FinTech-developments-in-the-insurance-sector.pdf>.

3. *International Association of Insurance Supervisors*. (2025). Application Paper on the supervision of artificial intelligence. <https://www.iais.org/uploads/2025/07/Application-Paper-on-the-supervision-of-artificial-intelligence.pdf>.
4. KRISHNAKANTHAN, K., LANSING, J., MÜNSTERMANN, B., OLESEN, P. B., & VOGELGESANG, U. (2019). IT modernization in insurance: Three paths to transformation. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.de/~ /media/McKinsey/Industries/Financial%20Services/Our%20Insights/IT%20modernization%20in%20insurance%20Three%20paths%20to%20transformation/IT-modernization-in-insurance-Three-paths-to-transformation.pdf>.
5. *McKinsey & Company*. (2024). Global Insurance Report 2025: The pursuit of growth. <https://www.mckinsey.com/~ /media/mckinsey/industries/financial%20services/our%20insights/global%20insurance%20report%202025/global-insurance-report-2025-the-pursuit-of-growth.pdf>.
6. MILINKOVICH, N., KAMATH, S., CATLIN, T., & CHUNG, V. (2025). The future of AI in the insurance industry. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/the-future-of-ai-in-the-insurance-industry>.
7. *National Bank of Ukraine*. (2021). Law of Ukraine “On Insurance” No. 1909-IX. [https://bank.gov.ua/ua/legislation/Law\\_18112021\\_1909-IX](https://bank.gov.ua/ua/legislation/Law_18112021_1909-IX).
8. *National Bank of Ukraine*. (2025). Non-bank Financial Sector Review: March 2025. [https://bank.gov.ua/admin\\_uploads/article/Nonbanking\\_Sector\\_Review\\_2025-03.pdf?v=12](https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/Nonbanking_Sector_Review_2025-03.pdf?v=12).
8. *National Bank of Ukraine*. (2026). Supervisory statistics. <https://bank.gov.ua/ua/statistic/supervision-statist>.
9. *OECD*. (2024). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.

### 3.5. GAMIFICATION AND DIGITALIZATION OF MASS SPORTS AS A FACTOR IN ENGAGING THE POPULATION IN PHYSICAL ACTIVITY

### 3.5. ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ МАСОВОГО СПОРТУ ЯК ЧИННИК ЗАЛУЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ДО РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується глобальною інформатизацією, що охоплює всі сфери людської життєдіяльності, зокрема й галузь фізичної культури та спорту. В умовах стрімкого технологічного прогресу традиційні підходи до залучення населення до оздоровчої рухової активності потребують докорінного перегляду. Одним із найбільш перспективних інструментів розв'язання проблеми гіподинамії в цифрову епоху стає поєднання гейміфікації та діджиталізації, які трансформують спорт із суто фізичного процесу на інтерактивну, технологічно насичену екосистему.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання цифрової трансформації спортивної сфери та використання інноваційних технологій сьогодні перебувають у центрі уваги наукової спільноти. Дослідження сучасного стану діджиталізації галузі підкреслюють, що цифрові інструменти стають невід'ємною частиною як професійного, так і масового спорту (Завидівська та ін., 2024). Важливим аспектом є впровадження інноваційних технологій в освітній процес майбутніх фахівців, що дозволяє їм ефективно управляти сферою фізичної культури в нових умовах (Грибан та ін., 2025).

Окрему увагу науковці приділяють ролі штучного інтелекту та освітніх симуляторів, які стають базисом для формування професійної компетентності спеціалістів, здатних працювати в цифровізованому середовищі (Shynkarova, & Herevenko, 2026). Цифровізація також розглядається як ключовий інструмент для оптимізації системи спортивної підготовки, що дозволяє індивідуалізувати тренувальний процес (Шинкарьова, 2026). Зокрема, науково обґрунтовано трансформацію методики силових підготовки в умовах діджиталізації, що підтверджує ефективність інтеграції цифрових рішень у практичну діяльність (Shynkarova et al., 2026).

Проблема залучення населення до рухової активності залишається гострою, особливо серед молоді. Дослідники зазначають, що розвиток спортивної інфраструктури є базовим чинником, проте він має супроводжуватися новими формами мотивації (Імас, Ратніков, & Андрєєва, 2022). У контексті студентської молоді виокремлюються специфічні виклики та можливості, де використання інтерактивних технологій виступає дієвим механізмом підвищення інтересу до занять (Дутчак, & Чеховська, 2024; Shapran, & Tkachuk, 2024). Організація дозвілєво-рекреаційної діяльності в сучасних умовах вимагає нових методичних підходів, які б враховували запити «цифрового покоління» (Шинкарьова, & Шинкарьова, 2025).

Системний підхід до залучення громадян через систему «спорту для всіх» демонструє, що цифровізація дозволяє створювати гнучкі та доступні моделі залучення до активного способу життя (Дубів та ін., 2025). Загальні тенденції розвитку галузі свідчать про перехід до нової парадигми, де фізична культура інтегрується з віртуальним простором (*Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту*, 2023).

*Метою статті* є теоретичне обґрунтування та аналіз впливу гейміфікації та цифрових технологій на рівень залученості різних верств населення до систематичної рухової активності як відповідь на виклики інформатизації суспільства.

В умовах тотальної інформатизації традиційні методи стимулювання рухової активності поступово втрачають свою ефективність, поступаючись місцем інноваційним підходам, що базуються на використанні ігрових механік. Гейміфікація у сфері фізичної культури та спорту розглядається не просто як розважальний елемент, а як складна стратегія трансформації неігрового контексту (фізичних вправ) за допомогою ігрових елементів для підвищення мотивації та залученості учасників.

Теоретичний аналіз проблеми свідчить, що сучасний стан діджиталізації сфери фізичної культури створює необхідний технологічний базис для реалізації гейміфікованих моделей (Завидівська та ін., 2024). Основним механізмом гейміфікації є вплив на внутрішню та зовнішню мотивацію особистості. У масовому спорті це реалізується через систему «викликів» (challenges), віртуальних нагород, рейтингів та інтерактивного зворотного зв'язку в режимі реального часу.

Важливим теоретичним аспектом є поєднання гейміфікації з концепцією «спорту для всіх». Як зазначають дослідники, залучення населення до активності через систему масового спорту сьогодні неможливе без врахування цифрових звичок громадян (Дубів та ін., 2025).

Гейміфікація дозволяє нівелювати психологічні бар'єри (монотонність, відсутність негайного результату), замінюючи їх ігровою динамікою та соціальною взаємодією у віртуальних спільнотах.

Інтеграція ігрових технологій тісно пов'язана з оптимізацією системи спортивної підготовки. Використання цифрових інструментів дозволяє не лише збирати дані, а й створювати інтерактивні сценарії тренувань, що значно підвищує їхню результативність (Шинкарьова, 2026). При цьому гейміфікація виступає як сполучна ланка між фізичним навантаженням та ментальним задоволенням, що є критично важливим для утримання інтересу до занять на тривалій термін.

Зокрема, у підготовці майбутніх фахівців галузі гейміфікація проявляється через використання освітніх симуляторів та штучного інтелекту, що дозволяє моделювати професійні ситуації в безпечному та контрольованому середовищі (Shynkarova, & Herevenko, 2026). Такий підхід формує у фахівців готовність до впровадження інтерактивних технологій у масову практику.

Сучасні тенденції вказують на те, що гейміфікація стає невід'ємною частиною дозвіл'єво-рекреаційної діяльності (Шинкарьова, & Шинкарьова, 2025). Вона трансформує пасивне дозвілля на активне, де користувач стає «гравцем», а його фізичні досягнення конвертуються у віртуальний прогрес або соціальний капітал. Використання інтерактивних технологій у процесі фізичного виховання дозволяє створювати персоналізовані траєкторії розвитку, що відповідають інтересам цифрового суспільства (Sharpan, & Tkachuk, 2024; Дутчак, & Чеховська, 2024).

Теоретичне підґрунтя гейміфікації в масовому спорті базується на трьох фундаментальних компонентах.

1. Технологічний компонент (мобільні додатки, сенсори, платформи моніторингу).
2. Психологічний компонент (система винагород, досягнення цілей, соціальне визнання).
3. Педагогічний компонент (структурування процесу тренування, контроль та самоаналіз результатів).

Гейміфікація в епоху інформатизації виступає як інноваційний інструмент управління руховою активністю, що дозволяє адаптувати традиційні спортивні методики до потреб сучасної людини (Грибан та ін., 2025; *Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту*, 2023).

На сучасному етапі цифровізації масового спорту гейміфікація реалізується через розгалужену систему мобільних застосунків та платформ, які перетворюють індивідуальну рухову активність на колективний соціальний досвід. Аналіз світового та вітчизняного ринків дозволяє виокремити декілька ключових моделей гейміфікації.

Найбільш репрезентативним прикладом є платформа Strava, яка успішно інтегрує елементи соціальної мережі та змагальності. Основним гейміфікованим компонентом тут виступають «сегменти» – віртуальні ділянки дистанції, де користувачі автоматично змагаються за звання «Короля гори» (КОМ). Це створює постійний стимул до покращення результатів та залучає до активності через механізм публічного визнання досягнень, що корелює з дослідженнями щодо залучення населення через систему спорту для всіх (Дубів та ін., 2025).

Застосунок Nike Run Club використовує іншу стратегію – адаптивні плани тренувань з елементами аудіо-коучингу та систему рівнів, що базується на загальному кілометражі. Гейміфікація тут проявляється через колективні «виклики» (challenges), де користувачі з усього світу об'єднуються для досягнення спільної мети (наприклад, пробігти 100 мільйонів кілометрів за місяць). Такий підхід підтверджує тезу про важливість інтерактивних технологій у формуванні інтересу до оздоровчої активності (Shapran, & Tkachuk, 2024).

Вітчизняний сегмент цифрових спортивних послуг демонструє високу адаптивність до запитів суспільства. Варто виділити такі проекти:

- Спортивні челенджі у застосунку BetterMe: українська ІТ-компанія активно впроваджує гейміфіковані плани тренувань, що базуються на швидких дофамінових циклах винагород, що є особливо ефективним для залучення студентської молоді (Дутчак, & Чеховська, 2024).

- Цифровізація марафонського руху (Run Ukraine): використання платформ для віртуальних забігів, де учасники долають дистанцію фізично у своєму місті, але результати синхронізуються у загальну систему з отриманням цифрових та реальних нагород.

- Локальні ініціативи «Активні парки»: хоча це державний проєкт, інтеграція QR-кодів з віртуальними тренерами на спортивних майданчиках є яскравим прикладом діджиталізації інфраструктури (Імас, Ратніков, & Андрєєва, 2022).

Окрему нішу займають системи, що базуються на AI-алгоритмах. Вони не просто фіксують активність, а виступають у ролі інтелектуальних симуляторів, що підлаштовують складність ігрових завдань під фізіологічний стан користувача. Це відповідає сучасним тенденціям використання штучного інтелекту у підготовці фахівців та оптимізації тренувального процесу (Shynkarova, & Herevenko, 2026; Шинкарьова, 2026).

Для глибшого розуміння механізмів впливу цифрових систем на рухову активність доцільно систематизувати їх за ключовими параметрами мотивації. У Таблиці 1 представлено порівняльну характеристику найбільш поширених гейміфікованих механік, що використовуються в сучасних мобільних застосунках та сервісах.

*Таблиця 1. Порівняльна характеристика гейміфікованих механік цифрових спортивних платформ*

Платформа	Ключова ігрова механіка	Цільова аудиторія	Ефект залучення
Strava	Змагання на сегментах, таблиці лідерів	Аматори-спортсмени	Висока інтенсивність занять
Nike Run Club	Колективні виклики, рівні досвіду	Масовий глядач	Постійність (лояльність)
BetterMe	Гейміфіковані челенджі, персональні плани	Початківці, молодь	Формування звички
Zwift	Повна віртуалізація (аватари, цифрові світи)	Велосипедисти, бігуни	Максимальне занурення
Активні парки	Навігація через QR-коди, відеосупровід «цифрових тренерів».	Можливість порівняння результатів у межах громади.	Поєднання фізичної інфраструктури з діджитал-контентом.

Наведена таблиця демонструє, що вибір конкретної гейміфікованої системи залежить від цільової аудиторії та її психологічних драйверів – від бажання домінувати в рейтингах до потреби в соціальній підтримці або простому ігровому процесі.

Аналіз практичного використання зазначених систем підтверджує, що в епоху інформатизації успіх залучення населення до спорту залежить від якості «цифрового супроводу» рухової активності. Гейміфіковані платформи виконують роль віртуального тренера та менеджера, що дозволяє оптимізувати систему підготовки в сучасних умовах. Важливо підкреслити, що українські розробки та державні ініціативи (наприклад, «Активні парки») все частіше використовують ці інструменти для створення доступного дозвілєво-рекреаційного середовища.

Використання інтерактивних технологій, зокрема освітніх симуляторів та елементів штучного інтелекту, дозволяє не лише збирати статистику, а й створювати індивідуальні сценарії залученості, що відповідають сучасним тенденціям розвитку фізичного виховання (Shynkarova, & Herevenko, 2026; Shapran, & Tkachuk, 2024). Цифрова трансформація масового спорту перетворює його на доступний та зрозумілий «продукт» для молоді, забезпечуючи ефективне вирішення проблеми низької рухової активності (Дутчак, & Чеховська, 2024; Грибан та ін., 2025).

Впровадження гейміфікації є не просто даниною моді, а стратегічною необхідністю, що дозволяє інтегрувати спорт у щоденний цифровий простір сучасної людини, роблячи здоров'я та активність частиною її віртуальної та реальної ідентичності (*Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту*, 2023; Дубів та ін., 2025). Практичне впровадження гейміфікованих систем доводить, що поєднання ігрових елементів із цифровим моніторингом дозволяє не лише залучити нові групи населення до рухової активності, а й суттєво підвищити якість організації їхнього дозвілля в інформаційну епоху (Шинкарьова, & Шинкарьова, 2025; *Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту*, 2023).

Інтеграція цифрових технологій у масовий спорт породжує низку соціальних та педагогічних ефектів, які потребують наукового осмислення. З одного боку, діджиталізація виступає потужним чинником соціалізації, дозволяючи створювати глобальні спортивні ком'юніті, де межі між країнами та соціальними статусами нівелюються (*Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту*, 2023). Проте, з іншого боку, надмірна гейміфікація може призвести до трансформації внутрішньої мотивації (бажання бути здоровим) у суто зовнішню (гонитва за віртуальними балами).

Інформатизація суспільства висуває нові вимоги до підготовки кадрів у галузі фізичної культури. Сучасний тренер чи менеджер повинен володіти не лише методикою фізичної підготовки, а й навичками роботи з масивами даних (Big Data) та інструментами штучного інтелекту (Shynkarova, & Herevenko, 2026). Це актуалізує впровадження інноваційних технологій навчання у закладах вищої освіти для підготовки фахівців, здатних ефективно управляти цифровими екосистемами (Грибан та ін., 2025).

Попри позитивні тренди, процес інформатизації супроводжується певними викликами.

1. Цифрова нерівність: доступ до найсучасніших гейміфікованих платформ та гаджетів часто залежить від матеріального статку, що може обмежувати залучення певних верств населення (Імас, Ратніков, & Андрєєва, 2022).

2. Безпека даних: збір конфіденційної інформації про стан здоров'я користувачів потребує надійних механізмів захисту та дотримання етичних норм у цифровому середовищі (Завидівська та ін., 2024).

3. Технологічна залежність: існує ризик зміщення акценту з реальних відчуттів організму на цифрові показники пристроїв, що може призвести до перевтоми або неадекватного оцінювання власних можливостей (Шинкарьова, 2026).

Для студентської молоді, яка найбільше схильна до впливу цифрового середовища, інтерактивні технології стають «місточком» від пасивного споживання контенту до активної рухової практики (Дутчак, & Чеховська, 2024). Гейміфікація дозволяє трансформувати освітній процес з фізичного виховання, роблячи його адаптивним та особистісно орієнтованим (Shapran, & Tkachuk, 2024). Це підтверджує необхідність науково-методичного обґрунтування нових форм тренувань, що враховують трансформацію силової та оздоровчої підготовки в контексті діджиталізації (Shynkarova et al., 2026).

Соціальний успіх цифровізації масового спорту залежить від збалансованого поєднання технологічного прогресу та гуманістичних засад фізичного виховання. Тільки за умови критичного підходу та наукового супроводу діджиталізація стане дієвим інструментом покращення здоров'я нації (Дубів та ін., 2025; Шинкарьова, & Шинкарьова, 2025).

**Висновки.** Інформатизація суспільства докорінно змінює підходи до організації рухової активності. Гейміфікація постає не як допоміжний інструмент, а як нова стратегічна модель

управління мотивацією, що дозволяє інтегрувати фізичну культуру в цифровий побут сучасної людини. Це підтверджується переходом від традиційних форм занять до інтерактивних екосистем, де дані та ігрові механіки (рейтинги, челенджі, віртуальні нагороди) виступають ключовими стимуляторами активності. Аналіз практичного досвіду використання світових (Strava, Nike Run Club, Zwift) та вітчизняних («Активні парки», BetterMe) платформ доводить, що діджиталізація дозволяє персоналізувати тренувальний процес, забезпечуючи миттєвий зворотний зв'язок та соціальну підтримку. Для студентської молоді та початківців такі системи стають дієвим механізмом подолання психологічних бар'єрів та формування стійкої звички до занять спортом.

Визначено, що успішна реалізація гейміфікованих моделей у масовому спорті потребує перегляду компетенцій фахівців галузі. Сучасний спеціаліст повинен володіти навичками роботи зі штучним інтелектом, освітніми симуляторами та системами інтелектуального аналізу даних. Це вимагає впровадження інноваційних технологій у навчальний процес закладів вищої освіти для підготовки кадрів, здатних оперувати цифровими інструментами в професійній діяльності.

Попри значний потенціал, цифровізація несе в собі виклики, пов'язані з кібербезпекою, цифровою нерівністю та ризиком надмірної залежності від гаджетів. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці науково обґрунтованих методик, які б гармонізували використання високотехнологічних засобів із традиційними принципами фізичного виховання, забезпечуючи безпеку та здоров'язбережувальну спрямованість цифрової трансформації спорту.

#### Література:

1. ГРИБАН, Г. П., ГАРЛІНСЬКА, А. М., ТКАЧЕНКО, П. П. та ін. (2025). Інноваційні технології навчання здобувачів закладів вищої освіти управління сферою фізичної культури і спорту. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*. Випуск 3 (189). 2025. С. 80-84. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03\(189\).12](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03(189).12).
2. ДУБІВ, А., ЧЕХОВСЬКА, Л., ЖДАНОВА, О., ЛУЖНА, М., & ТУРКА, Р. (2025). Залучення населення до рухової активності через систему спорту для всіх. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*. Серія 15, (3 (189)), 88-93. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03\(189\).14](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03(189).14).
3. ДУТЧАК, М., & ЧЕХОВСЬКА, Л. (2024). Залучення студентської молоді до оздоровчої рухової активності: виклики та можливості сьогодення. *Physical culture and sport: scientific perspective*, 2024 (2), 128-134. <https://doi.org/10.31891/pcs.2024.2.18>
4. ЗАВИДІВСЬКА, О. І., КУЦЕРИБ, Т. М., ІЛЬНИЦЬКИЙ, І. М., АРТЕМОВИЧ, А. Б., & ГУЛЬ, І. Г. (2024). Сучасний стан діджиталізації сфери фізичної культури і спорту. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*, 2024. Серія 15, 11 (184), 76-81. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.11\(184\).15](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.11(184).15).
5. ІМАС, Є., РАТНІКОВ, Д., & АНДРЕЄВА, О. (2022). Розвиток спортивної інфраструктури як чинник залучення різних груп населення до оздоровчо-рекреаційної рухової активності. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2022; 4: 27-30. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2022.4.27-30>.
6. *Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичного виховання і спорту* (2023). Колективна монографія: за гол. ред. О. В. Отравенко; авт. кол.: Л. В. Зубченко, О. В. Ливацький, С. Ю. Ливацька, Н. П. Мартинова, О. В. Отравенко, О. І. Соколенко, О. Д. Шинкарьова, С. І. Шинкарьов. Полтава: ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2023. 216 с. <http://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/9835>.

7. ШИНКАРЬОВА, О. Д. (2026). Цифровізація як інструмент оптимізації системи спортивної підготовки в сучасних умовах. *Фізична культура і спорт: сучасні аспекти та тенденції розвитку*. Збірник матеріалів VII Регіональної науково-практичної конференції з Всеукраїнською участю (12 березня 2026 р.). Гол. ред. Шинкарьова О. Д. Лубни, Полтавська обл.: ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». С. 388-390.  
<https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/12736>.
8. ШИНКАРЬОВА, О. Д., & ШИНКАРЬОВА, Н. Г. (2025). Організація дозвілєво-рекреаційної діяльності. Навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності А7 «Фізична культура і спорт». Полтава: Видавництво ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2025. 146 с. URL:  
<https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/11130>.
9. SHAPRAN, O., & TKACHUK, O. (2024). The use of interactive technologies in the physical education process. *Theory and Practice of Physical Culture and Sports*. 2024. Vol. 3, № 2, с. 9-18.
10. SHYNKAROVA, O., DUBOVOI, V., DUBOVOI, O., SIPAKOVA, D., & SHYNKAROVA, N. (2026). Scientific and methodological substantiation of strength training transformation for men of the first mature age in the context of physical education and sports system digitalization. *Multidisciplinárni mezinárodní vědecký magazín «Věda a perspektivy» je registrován v České republice*. Státní registrační číslo u Ministerstva kultury ČR: E 24142. Praha, Česká republika. № 3 (58), str. 27-34.  
[https://doi.org/10.52058/2695-1592-2026-3\(58\)-27-34](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2026-3(58)-27-34).
11. SHYNKAROVA, O., HEREVENKO, A. (2026). The use of educational simulators and artificial intelligence in the formation of professional competence of future physical education and sport specialists. *Moderní aspekty vědy: Svazek LXVII mezinárodní kolektivní monografie*. Vydavatel: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. se sídlem V Lázních 688, Jesenice 252 42 IČO 03562671 Česká republika Zveřejněno rozhodnutím akademické rady. S. 201-211. <https://doi.org/10.52058/67-2026>,  
<https://perspectives.pp.ua/public/site/mono/mono-67.pdf>.

### 3.6. AR/VR TECHNOLOGIES IN ART AND PUBLISHING: FROM PRINTED MEDIA TO IMMERSIVE EXPERIENCE

#### 3.6. AR/VR-ТЕХНОЛОГІЇ В МИСТЕЦТВІ ТА ВИДАВНИЧОЇ СПРАВИ: ВІД ДРУКОВАНОГО НОСІЯ ДО ІМЕРСИВНОГО ДОСВІДУ

**Постановка проблеми.** У наш час, у царині мистецтва та видавничої діяльності, друкований об'єкт вже не сприймається як щось монолітне й непідвладне змінам. Будь то щоденник, рекламний буклет, плакат, етикетка, пакувальна коробка чи просто графічний відбиток – усе частіше вони стають воротами у віртуальний простір, який можливо «оживити» через смартфон, планшет чи пристрій віртуальної реальності. Беручи до уваги зазначене, технології доповненої й віртуальної дійсності тепер відіграють не просто другорядну, а ядрову роль: вони докорінно змінюють підходи до створення продукції, способи взаємодії з клієнтами та, по суті, саме поняття друкованого видання (Azuma, 1997; UNESCO, n.d.; PTC, n.d.).

Важливість цієї проблематики зумовлена низкою обставин. Передусім, засоби мобільної доповненої реальності (AR) стали значно більш досяжними завдяки прогресу в ARKit, ARCore та універсальних рішень на платформі Unity AR Foundation. Це дає змогу ідентифікувати та простежувати друковані візуальні елементи, вміщувати віртуальні сутності у фізичний простір, а також створювати сценарії, що працюють на різних платформах, без абсолютної залежності від однієї системи. По-друге, у видавничому секторі простежується зростання потреби у комбінованих продуктах, які об'єднують відчутну вартість друкованої речі з динамічністю цифрового компонента. По-третє, сучасні художні практики все частіше звертаються до занурювальних (імерсивних) форматів, і митці, музеї та виставкові зали інтегрують AR/VR не просто як технологічну прикрасу, а як метод трансформації сприйняття твору, розширення оточення експозиції та залучення ширших верств публіки (Apple, n.d.; Google, 2025; Unity Technologies, 2025).

Ця стаття має на меті окреслити бачення застосування технологій AR та віртуальної (VR) реальностей у сфері видавництва та мистецтва, з'ясувати їхні функціональні переваги, існуючі перешкоди, а також найбільш перспективні шляхи впровадження у друковану та художню продукцію. Для успішного досягнення цього завдання потрібно: спершу, уточнити позицію AR та VR у загальній архітектурі сучасних занурювальних технологій; далі, дослідити нюанси інтеграції подібних рішень у видавничо-поліграфічні робочі потоки; потім, провести аналіз вже існуючих кейсів використання у художньому контексті; виявити потенційні ризики – технологічні, редакторські та етичні; і, нарешті, аргументувати ті галузі, де AR та VR продемонструють найбільший потенціал у найближчому майбутньому (Azuma, 1997).

Теоретичні засади застосування AR/VR у царині видавництва та мистецтва. Під поняттям доповненої реальності ми розуміємо спосіб накладання цифрових елементів на оточуюче фізичне середовище, причому це відбувається миттєво, при цьому людина не втрачає зв'язку з фактичним простором. Натомість, віртуальна реальність повністю занурює індивіда у штучно створене цифрове оточення, де матеріальний світ або повністю відсутній, або стає другорядним. Згідно з усталеним трактуванням, AR об'єднує дійсні та віртуальні елементи, забезпечує їхню взаємодію у реальному часі та оперує у тривимірному контурі. Саме ця властивість є ключовою для поліграфії, оскільки друкований матеріал може слугувати надійною опорною точкою для розміщення цифрового контенту: таким чином, аркуш книги, обгортка, афіша чи ярлик перетворюються не просто на носії даних, а й на засоби для активної взаємодії (Azuma, 1997).

У сфері поліграфії найчастіше застосовується маркована доповнена реальність, де як активатор слугує певне зображення, що містить доволі унікальні візуальні елементи. Завдяки наявності функцій відстеження зображень в ARKit, «Додаткові зображення» в ARCore та 2D-трекінгу в AR Foundation, закладено міцний фундамент для «оживлення» обкладинок, художніх ілюстрацій, полотен, навчальних діаграм чи пакувальних матеріалів. Для видавничої індустрії це набуває особливого значення, адже площа сторінки видання є незмінним

референсом, що полегшує ідентифікацію порівняно з хаотичним оточенням. Як наслідок, друкований виріб трансформується у здвоєний медіаносій, який об'єднує типографське оформлення, візуальну побудову, фізичні властивості паперу та динаміку цифрового контенту (Apple, n.d.; Google, 2025; Unity Technologies, 2025).

Інакша логіка застосування віртуальної реальності простежується у сфері поліграфії. Якщо доповнена реальність зазвичай лише насичує вже існуючий друкований елемент, то віртуальна реальність формує самостійний простір. У цьому просторі друковане видання здатне або представитися, або бути осмисленим, або трансформуватися у відчуття об'єму. Зважаючи на це, VR виявляється надзвичайно корисною для відновлення об'єктів у музеях, організації віртуальних експозицій, репрезентування художніх задумів, цифрових сховищ і демонстраційних майданчиків, де саме видання або поліграфічний зразок потребує ширшого контексту кураторської уваги. Це, по суті, означає, що для мистецтва розширюється спосіб презентації, а для видавництва – це перехід від площини аркуша до відчутного віртуального середовища.

Найбільш очевидним вектором розвитку AR у поліграфії є еволюція книжкової продукції, каталогів та пакувальних рішень у багатоскладові медіапродукти. У сегментах дитячої, науково-популярної та навчальної літератури AR відкриває можливість трансформації графічних елементів (схем, ілюстрацій чи репродукцій) у динамічні тривимірні моделі, відеоматеріали з поясненнями або інтерактивні вправи. Найвні наукові студії щодо AR-книжок демонструють, що подібні розробки здатні значно підвищити залученість аудиторії – як поведінкову, так і когнітивну, емоційну та соціальну. Крім того, у певних ситуаціях вони можуть сприяти глибшому осягненню сюжету та підвищенню інтересу до читання. Цей аспект набуває критичного значення насамперед у навчальній літературі, де візуалізація просторових співвідношень (скажімо, пояснення якогось механізму, процесу чи будови тіла) часто демонструє більшу дієвість порівняно з традиційним статичним зображенням (Alhamad, Banister, & Hargis, 2024; Şimşek, Direkci, & Çetinkaya Özdemir, 2024; Artivive, n.d.).

Щодо друкованої продукції комерційного спрямування, то можемо сказати, що вона являє собою цілий арсенал нових опцій. У рекламних брошурах, прайс-листах, плакатах та упаковці застосування AR подовжує час, який споживач приділяє носію інформації, залучає додатковий мультимедійний прошарок, генерує відчуття свіжості та дозволяє бренду трансформуватися із простого транслятора повідомлень у формат інтерактивного діалогу. Упаковка, оснащена елементами AR, здатна демонструвати відео з інструкціями, еволюцію бренду, відомості про джерело товару, тривимірні моделі, якийсь ігровий сценарій або ж спеціальні акційні пропозиції. Даний метод є особливо вигідним у сфері елітних товарів, культурної продукції, пам'ятних подарунків, серійних видань літератури та експозиційних матеріалів (PTC, n.d.; The Art Newspaper, 2025a).

Однак, те, наскільки прибутковим виявиться застосування доповненої реальності у видавничій справі, напряму обумовлене якістю розробки проєкту. Вливання цифрового пласта саме по собі не несе жодної цінності. Коли AR-елемент лише повторює те, що вже є надрукованим, або ж засмічує макет надмірною візуальною метушнею, видання втрачає свою єдність. З огляду на це, найбільший потенціал мають ті задуми, де доповнена реальність реалізує цілком визначене завдання: розкриває те, що важко продемонструвати у статичному вигляді; вносить часову динаміку; надає можливість обирати спосіб подачі інформації; стимулює залучення аудіовізуального супроводу для людей з особливими потребами; або ж перетворює друковану річ на елемент музейної експозиції, фірмового стилю чи ігрового світу (Unity Technologies, 2025; Alhamad, Banister, & Hargis, 2024).

У царині мистецтва технології AR та VR реальностей не просто додають митцям нових засобів, а й трансформують саму манеру, в яку аудиторія контактує зі створеним. AR дає змогу накладати додаткові смисли на вже звичні речі – чи то полотно, відбиток, мистецький альбом, скульптурна форма, афіша, чи навіть громадський ареал. Таким чином, артоб'єкт перестає бути чимось цілісно завершеним у площині фізичного: він може містити зашифрований

цифровий пласт, що стає видимим лише за умови дотримання визначеного алгоритму огляду. Для графічних робіт, відбитків, ілюстрацій та альбому це набуває особливої ваги, бо друкована річ зберігає свою фізичну та колекційну цінність, проте водночас набуває рухомого, інтерпретаційного виміру.

У царині мистецтва віртуальна реальність оперує за зовсім іншими принципами. Вона формує самодостатнє середовище, де експонат можна не просто оглянути, а й відчути його об'ємно, пережити фізично. У музейних та виставкових осередках VR застосовують задля проведення віртуальних екскурсій, відновлення втрачених архітектурних об'єктів, осмислення архівних фондів, формування глибоко занурювальних наративів навколо мистецьких об'єктів та розширення можливостей доступу до зібрань. Нещодавно в мистецькій сфері простежується суттєве посилення інституційної зацікавленості імерсивними практиками: VR перестала бути лише швидкоплинним дослідницьким проектом і поступово утверджується як визнаний медійний сегмент у художньому ландшафті, хоча ступінь її впровадження та ефект досі лишаються хиткими, балансуючи на межі якості кураторського бачення та технічної реалізації (*UNESCO, n.d.; The Art Newspaper, 2025b*).

Дуже багатообіцяючою галуззю бачиться інтеграція доповненої/віртуальної реальності з музейним друком. Каталоги виставок, альбоми, буклети чи навіть листівки здатні нести подвійне призначення: функціонувати як повноцінні друковані видання й одночасно слугувати «перепусткою» до цифровізованого досвіду. За такого підходу поліграфічна продукція виходить за межі звичайного супроводу експозиції, стаючи невід'ємним елементом розширеного виставкового простору. Саме на цьому перетині збігаються інтереси виробництва друку та сфери мистецтва: друкований артефакт набуває функцій куратора, а цифровий простір отримує свою фізичну основу (*UNESCO, n.d.; The Art Newspaper, 2025a*).

Можливості впровадження AR/VR напряду зумовлені тим, наскільки інструментарій є доступним і розвиненим. Для мобільних AR-рішень ключовими є такі платформи, як ARKit, ARCore, а також Unity AR Foundation, що слугує кросплатформним засобом розробки. До того ж, актуальними є спеціалізовані засоби на кшталт Artivive чи Vuforia, які підходять для сценаріїв, що базуються на розпізнаванні зображень. Для видавничої та друкарської справ надзвичайно значущою є здатність розпізнавати двовимірні картинки, забезпечувати стійке відстеження позиції, накладати відеоеlementи та тривимірні моделі, а також мати відносно невеличкий поріг складності для того, хто створює макети чи дизайн. З огляду на ці чинники, у найближчому майбутньому більш перспективними видаються не надмірно заплутані XR-середовища, а скоріше практичні системи, які можна легко вбудувати у звичний для видавців робочий процес (*PTC, n.d.; Apple, n.d.; Google, 2025; Unity Technologies, 2025; Artivive, n.d.*).

Що стосується аспектів віртуальної реальності, то там вимоги до інфраструктури значно вищі: це вимагає наявності гарнітур, потужнішого обладнання, більш скрупульозного проектування досвіду користувача (UX) та необхідності розробки специфічної логіки для візуалізації. З огляду на це, для друкованих видань VR, ймовірно, матиме перспективи не як загальноприйнята функція кожної книги, а радше як формат для окремих, спеціальних ініціатив: скажімо, виставок, презентацій для інституцій, музейних реставрацій, віртуальних сховищ або авторських мистецьких просторів. Тим не менш, навіть за такого розвитку подій, VR здатна опосередковано впливати на поліграфічну галузь, особливо коли друкований каталог чи альбом проектується від самого початку як інтегральна складова ширшого імерсивного проекту (*PTC, n.d.; Artivive, n.d.*).

Виклики та вузькі місця. Хоча потенціал технологій доповненої та віртуальної реальності у сфері видавництва та мистецтва є значним, існує низка чинників, що їх стримують. Перше й найочевидніше – це фінансові витрати, пов'язані як зі створенням, так і з подальшим обслуговуванням таких рішень. Щоб отримати справді захопливий продукт, необхідно залучити не лише креативну концепцію, але й команди програмістів, провести ретельне тестування на широкому спектрі апаратного забезпечення, забезпечити належну оптимізацію файлів, а також постійно випускати оновлення та гарантувати цілковиту працездатність на мобільних операційних системах. Для малих видавничих домів, митців-

одинаків чи невеликих художніх просторів подібні вимоги можуть стати серйозною перешкодою (UNESCO, n.d.; Unity Technologies, 2025; The Art Newspaper, 2025a).

Наступним бар'єром виступає загроза технологічного нестійкого стану. Те, що надруковано, зазвичай цінується за свою тривалу стійкість, тоді як електронний компонент перебуває у повній залежності від свіжих версій платформ, операційних систем, техпідтримки й мережевого доступу. У ситуації, коли програма стає застарілою та припиняє отримувати оновлення вже за кілька років, можливість доповненої реальності може просто зникнути, і тоді видання втрачить якусь зі своїх оригінально закладених можливостей. Таким чином, у видавничій справі, що поєднує папір та цифру, необхідно уважно зважувати не тільки те, як виглядає проєкт, а й те, який життєвий шлях чекає на його електронну основу (Google, 2025; Artivive, n.d.).

Третя завада стосується відповідності редакційним та дизайнерським цілям. Не кожне друковане видання вимагає використання доповненої чи віртуальної реальності. Занадто інтенсивне «оцифрування» друкованого видання ризикує здешевити його фізичну субстанцію, або ж відвернути увагу читача від суті, перетворивши процес читання на низку механічних кроків. Для сфери мистецтва це несе загрозу заміни самого твору звичайним видовищем. З огляду на це, найбільш виправданим видається не радикальний, а вибіркового метод, де доповнена або віртуальна реальність інтегрується тією мірою, наскільки вона реально посилює закладений сенс, відчуття занурення чи зв'язок із цільовою аудиторією (Alhamad, Banister, & Hargis, 2024; Şimşek, Direkci, & Çetinkaya Özdemir, 2024).

Особливої уваги заслуговують етичні та правові аспекти. Йдеться про права власності на цифрові шари, застосування копій, кіно-, аудіо- та тривимірних зразків, а також про встановлення чіткої межі між первісним твором і його електронним відтворенням. Коли доповнена реальність накладає на артефакт новий зміст, критично важливо зберегти непорушність художнього задуму та права творця. В умовах музею це також стосується достовірності вражень: занурювальний шар повинен збагачувати об'єкт, а не спотворювати його сутність (UNESCO, n.d.).

Напрямки, що мають перспективи. У найближчому майбутньому чотири вектори видаються найбільш здійсненими та продуктивними. Перший стосується друку навчальної та науково-популярної літератури, де за допомогою доповненої реальності можна об'єднувати текстовий опис, зображення, тривимірні моделі та аудіоінструктаж. Другий охоплює поліграфію для музеїв та образотворчого мистецтва: каталоги, альбоми з ілюстраціями, буклети для експозицій, листівки та серії друкованих матеріалів, які завдяки AR надають доступ до етапів створення твору, авторських коментарів, анімації чи експертної оцінки. Третій – це пакувальна продукція та рекламні роздруки, де AR створює інтерактивний зв'язок із брендом. Четвертий – це віртуальні простори культурних та мистецьких установ, які тісно пов'язані з друкованими виданнями, що функціонують як складові однієї комунікаційної системи (Alhamad, Banister, & Hargis, 2024; Şimşek, Direkci, & Çetinkaya Özdemir, 2024).

Можна припустити, що разом із еволюцією смартфонів, навушників, інтерфейсів для просторових обчислень та інструментів на базі генеративних технологій, трансформуватися буде й процес створення контенту. Вже сьогодні штучний інтелект застосовується задля створення візуальних матеріалів, звукового супроводу, текстових блоків, попередніх художніх концепцій та допоміжних сценарних розробок, що, своєю чергою, здатне пришвидшити виготовлення елементів доповненої та віртуальної реальності для видавничої справи та творчих проєктів. Однак це зовсім не знімає відповідальності з редактора, дизайнера, митця та куратора: навпаки, чим більш заплутаним стає цифровий прошарок, тим гостріше постає потреба у вагомому нагляді, дотриманні єдиного стилю та добросовісному опрацюванні вихідних даних (Apple, n.d.; Google, 2025; Unity Technologies, 2025).

Наступний напрямок для роздумів стосується оновлених підходів до отримання прибутку та управління культурним простором. Технології доповненої та віртуальної реальності здатні нарощувати значущість паперового видання, не додаючи йому відчутної фізичної маси: цей додатковий цифровий вимір відкриває можливості для вищої цінової

категорії, індивідуалізованого наповнення, зв'язування з подіями на кшталт експозицій, випуску лімітованих партій, а також налагодження тривалого контакту зі споживачами. Для об'єктів мистецтва це також відкриває шлях до розробки інноваційних послуг: наприклад, у сфері цифрового кураторства, онлайн-супроводу експозицій, забезпечення віртуального доступу до колекцій чи створення інтерактивних сувенірів з музейної тематики. Проте найміцніший потенціал полягає не стільки в комерційній вигоді, скільки у формуванні свіжого способу сприйняття, де друкований об'єкт, тривимірний цифровий досвід та мистецька інтерпретація формують спільний комунікаційний контур (*UNESCO, n.d.; The Art Newspaper, 2025b*).

Соціокультурна складова AR/VR теж виглядає багатообіцяюче. Завдяки імерсивним технологіям можна покращити доступ до мистецтва та друкованої спадщини для тих категорій публіки, які не завжди можуть побачити оригінали безпосередньо у виставкових залах. Віртуальні екскурсії, цифрові відтворення, розширені коментарі, багатомовні звукові доріжки та інтерактивні роз'яснення дають змогу переосмислити спосіб донесення інформації про культурну спадщину. Це веде до трансформації ролі глядача у сфері сучасного мистецтва, де він частіше перетворюється на активного учасника, аніж простого очевидця. Щодо поліграфії, ключовим моментом є те, що друкований виріб не розчиняється у віртуальному просторі, а набуває статусу фізичної «опори», що допомагає зберегти відчуття справжності та матеріальності у культурному сприйнятті. Саме цей потенціал злиття цифрових доповнень із відчутною наявністю забезпечує поліграфії конкурентоспроможність навіть на тлі активної віртуалізації медіапростору (*UNESCO, n.d.*).

Виробничо-технологічний аспект не менш значущий. Для видавництва впровадження доповненої реальності (AR) виходить за межі простого вибору програмного забезпечення: це зумовлює необхідність моніторингу якості друку, забезпечення стабільності передачі кольору, верифікації контрасту зображень, а також необхідність брати до уваги тип використаного паперу, наявність ламінації, текстуру поверхні та умови освітлення, за яких читач буде взаємодіяти зі скануванням видання. З огляду на це, проєкт AR у сфері поліграфії слід концептуалізувати як багатопрофільний результат, де редактор, дизайнер, фахівець із друкарських технологій та розробник функціонують у єдиному робочому циклі. Це відкриває для художніх відбитків та виставкових каталогів можливість формування якісно нової форми авторського виробу: наклад, навіть якщо він обмежений, може містити унікальний цифровий компонент, недоступний поза межами певного друкованого екземпляра чи кураторського обрамлення. У перспективі, дана модель матиме суттєву привабливість для авторських графічних робіт, колекційних видань, музейних серій та висококласної друкованої продукції, де синергія фізичної сутності та цифрового доповнення підвищує загальну вартість об'єкта (*Google, 2025; Unity Technologies, 2025*).

Аспект оформлення та верстки при впровадженні технологій AR/VR також потребує окремої уваги. У звичному світі друкованої продукції цілісний образ видання формується через такі елементи, як розташування матеріалів на шпальті, послідовність заголовків, співвідношення між текстом та ілюстраціями, чергування елементів на розвороті, а також властивості самого матеріалу, на якому задруковано. Інтеграція імерсивного шару докорінно змінює цей підхід: дизайнер мусить оперувати не лише обмеженнями фізичного формату сторінки, а й тим, як поводитиметься цифровий елемент після активації за допомогою сканування. Це тягне за собою вимогу, аби зображення-маркер було не лише візуально привабливим, але й таким, що гарантує стабільне розпізнавання; анімація не повинна затінювати ключові частини оформлення; і, нарешті, візуальне оформлення AR-компонентів має гармоніювати з обраним стилем шрифтів, кольоровою палітрою та загальним жанром видання. Особливої ваги ця гармонія набуває у випадку художніх альбомів, адже доданий цифровий контент не повинен вносити дисонанс у задум автора, виражений на папері. Таким чином, потенціал AR/VR у поліграфічній галузі безпосередньо залежить від виникнення нової сукупності навичок у редакторів та дизайнерів, де графічне проектування об'єднується зі

здатністю планувати наративи (сценарій) та оперувати у тривимірному просторі (Azuma, 1997; Artivive, n.d.).

Перспективи використання доповненої та віртуальної реальності у поліграфічній сфері та мистецькій освіті вимагають окремої уваги, адже саме тут може зародитися найстабільніший попит на імерсивні технології. У контексті навчальних видань, звичайна друкowana сторінка, доповнена AR, трансформується з простого носія нерухомого зображення: тепер вона здатна ініціювати показ 3D-моделі, короткого освітнього відеоролика, анімованої діаграми, детальної інструкції крок за кроком або інтерактивної вправи. Така методика є особливо потужною, коли друкований носій функціонує як організована основа для знань, а цифровий рівень привносить елементи часу, простору чи послідовності дій. У галузі мистецької освіти це відкриває шлях до демонстрації не лише готового твору, а й процесу його створення, альтернативних компоувальних рішень, палітри кольорів, умов презентації чи методів взаємодії публіки з артефактом. Для поліграфії це провіщає еволюцію до парадигми, де друкований виріб одночасно слугує навчальним посібником, предметом експозиції та засобом цифрового зв'язку. Аналіз видань з використанням AR підтверджує: якщо педагогічний дизайн виконано якісно, подібні продукти значно посилюють залученість користувачів – як на рівні дій, так і на когнітивному та емоційному планах. Таким чином, їхній потенціал реалізується не лише у роботі з юними читачами, але й у професійній підготовці, кураторській роботі музеїв та у просвітницькій діяльності (Alhamad, Banister, & Hargis, 2024; Şimşek, Direksi, & Çetinkaya Özdemir, 2024)..

Не останню чергу має значення й бачення того, як технології доповненої та віртуальної реальності будуть вплетені в системи виставок, музеїв та арт-ринку. Друковані матеріали, що супроводжують мистецький проект – чи то каталог, афіша, буклет, етикетка, листівка чи сувенірне видання – здатні трансформуватися у ворота до глибшого цифрового простору. Користувач, просканувавши надрукований елемент, може відкрити для себе кураторські роздуми, уривки з процесу творення, різні конфігурації експонування, зіставлювані образи чи деталізовану інформацію про техніку роботи. Для сфери торгівлі витворами мистецтва ця модель пропонує збагачення інформації при контакті з об'єктом і здатна покращити взаємодію між митцем, галереєю, інституцією та публікою. Зростання привабливості занурювальних форматів у музейній справі та арт-сегменті свідчить про те, що AR все частіше розглядається не як короточасна забаганка, а як засіб розширення методів представлення та осмислення мистецтва. Проте довговічність такого підходу зумовлюється уважністю до редагування: цифрове доповнення має бути логічно обґрунтованим за змістом, надійним із технічного боку та інтуїтивно зрозумілим для тих, хто ним користується. У протилежному випадку друкований носій ризикує втратити свою самодостатність. Отже, оцінюючи потенціал AR/VR у царині мистецтва та видавництва, варто зважати не лише на сам факт появи нового медіа, а й на його спроможність створювати якісні сценарії для культурного посередництва, забезпечення доступу та заохочення до повернення до друкovanого контенту (UNESCO, n.d.; The Art Newspaper, 2025a; The Art Newspaper, 2025b).

Наступний суттєвий вектор розвитку стосується формування кваліфікацій для дизайнерів, редакторів, ілюстраторів та технічних спеціалістів у сфері видавництва. Інтеграція технологій доповненої та віртуальної реальності трансформує необхідний набір навичок: професіонал мусить оперувати не лише поняттями сторінки, макетування та друкарськими процедурами, але й проектувати логіку взаємодії цифрового шару, просторове розташування елементів, принципи дизайну для мобільних пристроїв (UX) та критерії тестування на різноманітному обладнанні. З огляду на це, у навчальному процесі зростає роль таких платформ, як Artivive, Unity AR Foundation, ARKit чи ARCore, котрі дають змогу здійснити перехід від вивчення теорії до практичного створення прототипів та розбору актуальних прикладів. Для видавництва це тягне за собою необхідність створення інноваційних проєктних груп, у яких друкований виріб з моменту зародження задуму розглядається як елемент, що поєднує різні модальності. Такій команді необхідно координувати вимоги до візуального оформлення, передачі кольору, обсягу мультимедійних даних, сценарію взаємодії та кінцевого

способу розповсюдження. Саме через таке міждисциплінарне співробітництво тепер формується реальна цінність AR/VR для цієї сфери: це не додатковий елемент, що додається після завершення верстки, а невід’ємна складова загальної концепції видання чи художнього твору (Apple, n.d.; Google, 2025; Unity Technologies, 2025; Artivive, n.d.; Tymchenko et al., 2023).

**Висновки.** Технології AR/VR демонструють суттєві перспективи для сфери мистецтва та поліграфічного виробництва. Однак їхня справжня вартість криється не просто у футуристичності, а радше у спроможності трансформувати саму модель комунікації, притаманну друкованим та художнім творам. У царині видавництва, ці елементи дають змогу преобразувати друковані матеріали на медіа-гібриди, де фізичний носій слугує матеріальним роз’ємом до динамічного цифрового світу. У сфері мистецтва, вони розширюють можливості для презентації, осмислення та сприйняття творів, створюючи підґрунтя для інноваційних кураторських підходів та різноманітних способів контакту з глядачем (Azuma, 1997).

Найбільш багатообіцяючими видаються ті сфери, де технології занурення (імерсивні) посилюють змістовну складову: вони слугують для розкриття комплексних об’єктів, вносять додатковий вимір часу чи простору, гарантують рівний доступ (інклюзивність), поглиблюють зв’язок із предметами мистецтва та формують новітні шляхи культурного обміну. При цьому, чи досягнуть успіху проекти AR чи VR реальностей у сфері видавництва та образотворчого мистецтва, визначається стабільністю технічної реалізації, обґрунтованістю редакторських рішень, вираженістю естетики та продуманим циклом існування цифрового компонента. З огляду на це, потенціал AR/VR варто розглядати не як повну заміну досвіду, отриманого від друкованої продукції чи експозицій, а як потужне, змістовне збагачення в контексті поєднаної (гібридної) культури сьогодення (Alhamad, Banister, & Hargis, 2024; Şimşek, Direkci, & Çetinkaya Özdemir, 2024; *The Art Newspaper*, 2025b).

#### Література:

1. ALHAMAD, K., BANISTER, S., & HARGIS, J. (2024). *Augmented reality books: In-depth insights into children’s reading engagement*. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1423163. URL: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1423163>.
2. Apple. (n.d.). *ARKit documentation*. *Apple Developer*. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit>.
3. Artivive. (n.d.). *Introduction to Artivive*. URL: <https://www.artivive.com/resources/introduction>.
4. AZUMA, R. T. (1997). *A survey of augmented reality*. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385. URL: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>.
5. Google. (2025, November 3). *Augmented Images developer guide for Android | ARCore*. Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/ar/develop/java/augmented-images/guide>.
6. PTC. (n.d.). *What is augmented reality?* URL: <https://www.ptc.com/en/technologies/augmented-reality/what-is-augmented-reality>.
7. ŞİMŞEK, E. E., DIREKCI, B., & ÇETINKAYA ÖZDEMİR, E. (2024). *The effect of augmented reality storybooks on the story comprehension of preschool children*. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1459264. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1459264/full>.
8. *The Art Newspaper*. (2025a). *Augmented reality enjoys growing appeal as a tool for selling art*. URL: <https://www.theartnewspaper.com/2025/05/30/augmented-reality-growing-appeal-art-market>.
9. *The Art Newspaper*. (2025b). *The second wave of immersive institutions has arrived – and museums are getting left behind*. URL: <https://www.theartnewspaper.com/2025/01/29/the-second-wave-of-immersive-institutions-has-arrived>.
10. TYMCHENKO, O., KHAMULA, O., VASIUTA, S., SOSNOVSKA, O., DOROSH, S., & LUKOVSKA, O. (2023). *Determining the importance of factors in the selection*

- of immersive technology for artworks reproduction. *CEUR Workshop Proceedings, 3608*, 155-164. <https://ceur-ws.org/Vol-3608/>.
11. *UNESCO*. (n.d.). *Culture and digital technologies*. URL: <https://www.unesco.org/en/culture-and-digital-technologies>.
  12. *Unity Technologies*. (2025). *AR Foundation documentation*. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@latest/>.

### 3.7. INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF TRAINING PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SPECIALISTS

#### 3.7. ІННОВАЦІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ

**Актуальність теми.** Стрімкий розвиток інформаційного суспільства зумовили докорінну трансформацію всіх соціальних інституцій, серед яких сфера фізичної культури і спорту посідає одне з ключових місць. У сучасних умовах інформатизація перестала бути лише інструментом автоматизації рутинних процесів; вона перетворилася на стратегічний ресурс, що визначає конкурентоспроможність галузі на світовій арені. Потреба у фахівцях, які не лише володіють методиками фізичного виховання, а й вільно оперують цифровими інструментами, стає критичною вимогою часу (Геревенко, & Шинкарьова, 2025).

Проблема актуалізується через кілька ключових чинників. Поява носимих пристроїв (wearables), систем комп'ютерного зору для аналізу техніки рухів та використання Big Data для прогнозування спортивних результатів вимагають від тренерів та викладачів нового рівня цифрової грамотності.

Пандемічні обмеження минулих років та сучасні безпекові виклики в Україні прискорили перехід до змішаних та дистанційних форм навчання. Це виявило потребу в розробці якісного електронного контенту та застосуванні мобільно орієнтованих технологій для підтримки рухової активності здобувачів освіти (Чухланцева та ін., 2020; Kim, Hong, & Song, 2019).

Сучасна парадигма фізичної культури зміщується в бік індивідуальних траєкторій оздоровлення. Використання штучного інтелекту та освітніх симуляторів дозволяє майбутнім фахівцям моделювати адаптивні навантаження, що значно підвищує ефективність здоров'язберезувальних середовищ (Shynkarova, & Herevenko, 2026; Otravenko et al., 2024).

Ефективне управління спортивними організаціями сьогодні неможливе без інтеграції в єдиний інформаційний простір, що вимагає підготовки управлінців нового покоління, здатних працювати з інноваційними технологіями навчання та адміністрування (Грибан та ін., 2025; Дуляба, & Іваницький, 2024).

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена об'єктивною суперечністю між стрімким насиченням галузі інноваційними технологіями та необхідністю теоретико-методологічного обґрунтування їх системного впровадження у процес підготовки кадрів. Цифровізація виступає не лише як засіб оптимізації, а як фундаментальна платформа для формування професійної компетентності майбутнього фахівця (Шинкарьова, 2026).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема трансформації системи фізичного виховання в умовах інформатизації перебуває у центрі уваги багатьох науковців. Зокрема, питання цифровізації як ключового інструменту для оптимізації спортивної підготовки детально висвітлено у працях О. Д. Шинкарьової (Шинкарьова, 2026). Дослідники наголошують, що комп'ютерні технології сьогодні фактично революціонізують концепцію здорового способу життя, пропонуючи нові підходи до залучення населення до рухової активності (Мальнев, & Гелета, 2024).

Особливе місце у науковому дискурсі посідає вивчення інноваційних технологій навчання, що спрямовані на підготовку майбутніх управлінців у сфері спорту (Грибан та ін., 2025). Розвиток інформаційного забезпечення стає базою для інноваційної діяльності, дозволяючи систематизувати дані та підвищувати ефективність галузевих рішень (Дуляба, & Іваницький, 2024). Оцінка сучасного стану цифровізації в Україні свідчить про наявність значного потенціалу, але водночас вказує на потребу в системному оновленні методологічної бази (Осадченко, 2023).

У контексті практичної підготовки студентів науковці виділяють ефективність мобільно орієнтованих фітнес-технологій (Чухланцева та ін., 2020) та загальну роль фітнес-інновацій у зміцненні здоров'я (Шинкарьова, & Ситковська, 2025). Зарубіжний та вітчизняний досвід

підтверджує, що академічна залученість та цифрова готовність студентів є критичними факторами їхніх досягнень в умовах електронного навчання (Kim, Hong, & Song, 2019; Shynkarova, 2021).

Формування професійної компетентності фахівців фізичного виховання сьогодні неможливе без використання освітніх симуляторів та штучного інтелекту (Shynkarova, & Herevenko, 2026). Більше того, цифровізація дозволяє здійснювати науково-методичне обґрунтування трансформації окремих видів підготовки, наприклад, силового тренування, адаптуючи їх до вимог інформаційної епохи (Shynkarova et al., 2026). Важливо також враховувати роль цифрового середовища у створенні здоров'язбережувального простору та стимулюванні соціальної активності майбутніх спеціалістів (Otravenko et al., 2021; Otravenko et al., 2024).

*Метою дослідження* є теоретичне обґрунтування та аналіз практичного досвіду застосування інноваційних інформаційних технологій у процесі підготовки висококваліфікованих фахівців з фізичного виховання і спорту в умовах сучасного інформаційного суспільства.

Для досягнення мети дослідження було використано комплекс наукових методів: теоретичний аналіз та узагальнення науково-методичної літератури, системний підхід до вивчення цифрових інструментів, порівняльний аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду підготовки фахівців. Особлива увага приділялася вивченню результатів впровадження штучного інтелекту та мобільних додатків в освітній процес закладів вищої освіти фізичного виховання та спорту.

Сучасна парадигма освіти у сфері фізичної культури зміщується від пасивного засвоєння знань до активного моделювання професійних ситуацій. Використання штучного інтелекту (AI) дозволяє створити адаптивне середовище, де кожен студент отримує зворотний зв'язок у режимі реального часу. Як зазначають Shynkarova & Herevenko (2026), інтеграція AI-алгоритмів у систему підготовки дозволяє не лише автоматизувати перевірку знань, а й проектувати індивідуальні освітні траєкторії (Shynkarova, & Herevenko, 2026).

Освітні симулятори (VR/AR тренажери) виконують функцію «безпечного полігону», де майбутній тренер може відпрацьовувати техніку страхівки, аналізувати біомеханічні помилки віртуальних атлетів та моделювати кризові ситуації під час змагань.

Сучасна підготовка фахівців фізичного виховання і спорту вимагає відходу від традиційної моделі навчання, де основний акцент робився на механічному відпрацюванні рухових навичок. В епоху інформатизації на перший план виходить здатність здобувача освіти аналізувати великі масиви даних про стан організму та ефективність навантажень.

Використання штучного інтелекту та освітніх симуляторів дозволяє створити контрольоване цифрове середовище, у якому майбутній фахівець може моделювати різні сценарії професійної діяльності – від розробки реабілітаційних програм до стратегічного планування тренувального процесу (Shynkarova, & Herevenko, 2026).

Систематизація цих інструментів та їхнього впливу на формування фахових компетенцій представлена в Таблиці 1.

*Таблиця 1. Роль інноваційних інструментів у формуванні компетенцій фахівця (за матеріалами Shynkarova, & Herevenko, 2026)*

<b>Технологічне рішення</b>	<b>Професійна компетенція</b>	<b>Сфера практичного застосування</b>
Штучний інтелект (AI)	Аналітична та діагностична	Прогнозування результатів, розробка індивідуальних планів навантажень.
Освітні симулятори	Методична та технічна	Відпрацювання тактичних схем, техніка виконання складних вправ у віртуальному середовищі.
Big Data аналітика	Дослідницька та управлінська	Обробка великих масивів даних про стан здоров'я та спортивні досягнення.

Дані Таблиці 1 демонструють, що цифровізація не замінює класичні методи навчання, а суттєво розширює їхні можливості. Зокрема, застосування освітніх симуляторів дозволяє реалізувати принцип наочності на новому рівні, забезпечуючи візуалізацію складних біомеханічних процесів, які раніше були недоступні для прямого спостереження.

Слід підкреслити, що впровадження AI-технологій сприяє персоналізації освітнього процесу: система здатна автоматично виявляти прогалини у знаннях студента та пропонувати коригувальні модулі. Це забезпечує високу якість підготовки фахівців, здатних працювати в умовах швидкозмінного технологічного ландшафту спортивної галузі (Шинкарьова, 2026). Водночас, ефективність цих інструментів безпосередньо залежить від технічного забезпечення ЗВО та готовності викладацького складу до інтеграції інновацій у робочі навчальні програми.

Впровадження мобільних додатків в освітній процес закладів вищої освіти вирішує проблему безперервного моніторингу рухової активності студентів, що особливо актуально в умовах дистанційного навчання. Чухланцева та ін. (2020) наголошують, що мобільно орієнтовані технології виступають не лише як вимірвачі (крокоміри, пульсометри), а й як потужний засіб гейміфікації та підвищення мотивації (Чухланцева, Шуба, & Шуба, 2020).

Сучасні фітнес-технології дозволяють трансформувати традиційні заняття у високотехнологічний процес. Це забезпечує вдосконалення здоров'я та фізичної підготовленості на основі об'єктивних даних, а не суб'єктивних відчуттів (Шинкарьова, & Ситковська, 2025).

Окремим вагомим сегментом інформатизації галузі є стрімке поширення мобільних рішень та спеціалізованих фітнес-технологій. У системі професійної підготовки вони виконують подвійну роль: з одного боку, як об'єкт вивчення (інструментарій майбутнього тренера), а з іншого – як засіб інтенсифікації власної фізичної активності здобувачів.

Мобільно орієнтоване середовище дозволяє подолати розрив між теоретичним навчанням та практичним моніторингом показників життєдіяльності в режимі реального часу (Чухланцева, Шуба, & Шуба, 2020). Це створює умови для формування індивідуального здоров'язбережувального простору, де майбутній фахівець вчиться корегувати навантаження на основі об'єктивних даних цифрового контролю (Шинкарьова, & Ситковська, 2025; Otravenko et al., 2024).

Основні групи цих технологій та їх функціональне призначення систематизовано у Таблиці 2.

Таблиця 2. Класифікація мобільних та фітнес-технологій у фізичному вихованні

Категорія технологій	Функціональні можливості	Вплив на освітній процес
Моніторингові (Wearables)	Відстеження ЧСС, якості сну, енерговитрат.	Об'єктивізація контролю за станом студента під час самостійних занять.
Навчально-тренувальні	Бібліотеки вправ з відео-супроводом, плани тренувань.	Забезпечення методичної підтримки студента поза аудиторією.
Соціально-комунікативні	Шеринг досягнень, створення онлайн-спільнот, челенджі.	Підвищення соціальної активності та формування здорового середовища (Otravenko et al., 2024).

Аналіз даних Таблиці 2 дозволяє стверджувати, що інтеграція мобільних технологій у систему підготовки фахівців сприяє переходу до превентивної моделі оздоровлення. Використання *wearables* (носимих пристроїв) та хмарних сервісів аналізу даних дозволяє студентам проводити глибокий самоконтроль, що є необхідною умовою для розвитку професійної рефлексії.

Особливого значення набуває соціально-комунікативний аспект: створення онлайн-спільнот та використання гейміфікації (челенджі, цифрові рейтинги) підвищує рівень соціальної активності майбутніх спеціалістів (Otravenko et al., 2021). Таким чином, мобільні додатки трансформуються з простих інструментів обліку кроків у комплексні платформи для

формування професійної етики та культури здорового способу життя в умовах цифрового суспільства (Мальнев, & Гелета, 2024).

Інформатизація фізичної культури не обмежується лише загальними оздоровчими підходами, а впроваджується у вузькоспеціалізовані методики підготовки. Важливим аспектом є науково-методичне обґрунтування трансформації силового тренування в умовах цифровізації. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє здійснювати точний аналіз обсягу та інтенсивності навантажень, що є критичним для досягнення результатів без шкоди для здоров'я (Shynkarova et al., 2026).

Окрім методичного аспекту, інформатизація охоплює й управлінську вертикаль. Підготовка фахівців нового покоління передбачає оволодіння навичками адміністрування спортивної сфери через інноваційні технології навчання (Грибан та ін., 2025) (Табл. 3).

Розвиток інформаційного забезпечення стає фундаментом для впровадження інновацій на рівні спортивних шкіл, клубів та федерацій (Дуляба, & Іваницький, 2024).

Таблиця 3. Напрями цифрової трансформації спеціальної підготовки та менеджменту (за матеріалами Shynkarova et al., 2026 та Грибан та ін., 2025)

Сфера трансформації	Інноваційний інструментарій	Результат впровадження
Силова підготовка	Алгоритми розрахунку інтенсивності, біомеханічний аналіз техніки.	Математично обґрунтована корекція планів тренувань для різних вікових груп.
Спортивний менеджмент	ERP-системи для спорту, хмарні бази даних, цифрові платформи моніторингу.	Оптимізація ресурсів, прозорість управління галуззю фізичної культури.
Професійна діагностика	Тестові системи з використанням AI, цифрові профілі компетенцій.	Точне визначення професійної придатності та дефіциту навичок у майбутніх фахівців.

Дані Таблиці 3 підтверджують, що цифровізація виступає потужним чинником об'єктивізації тренувального та управлінського процесів. Трансформація силової підготовки на основі цифрових даних дозволяє відійти від інтуїтивного планування до доказових методик, що особливо важливо при роботі з чоловіками першого зрілого віку та професійними атлетами (Shynkarova et al., 2026).

Водночас, успішна реалізація цих інструментів у практичній діяльності залежить від сформованості інформаційної компетентності фахівця ще на етапі навчання у ЗВО. Це потребує створення унікального освітнього середовища, яке інтегрує теоретичні знання з фізичного виховання та практичні навички роботи зі спеціалізованим софтом. Таким чином, цифровізація галузі спорту вимагає не лише оновлення матеріально-технічної бази, а й концептуальної зміни мислення фахівців, де пріоритетом стає аналітичний підхід та здатність до постійної адаптації в умовах технологічних інновацій (Шинкарьова, 2026; Осадченко, 2023).

Ефективність впровадження інноваційних технологій у систему підготовки фахівців фізичного виховання і спорту безпосередньо залежить від рівня «цифрової готовності» (*digital readiness*) як професорсько-викладацького складу, так і здобувачів освіти. В умовах сучасного *e-learning* середовища цей показник стає визначальним чинником академічних досягнень здобувачів (Kim, Hong, & Song, 2019).

Цифровізація освіти у сфері фізичної культури не повинна обмежуватися лише передачею знань; вона має сприяти створенню цілісного здоров'язбережувального середовища. Це передбачає використання IT-інструментів для стимулювання соціальної активності майбутніх спеціалістів, що дозволяє їм не лише здобувати фахові навички, а й формувати стійкі звички здорового способу життя (Otravenko et al., 2021; Otravenko et al., 2024) (Табл. 4).

Аналіз компонентів, наведених у Таблиці 4, вказує на те, що цифрова готовність є багатограним конструктом. Вона включає не лише технічні навички, а й ціннісні орієнтації майбутнього фахівця. Розвиток соціально-активного компонента через цифрові платформи

дозволяє змінити формат дозвіллевої діяльності здобувачів освіти, перетворюючи її на інструмент професійного самовдосконалення та психо-емоційного відновлення.

Таблиця 4. Складові цифрової готовності та їх вплив на здоров'язбережувальне середовище ЗВО (за матеріалами Kim et al., 2019 та Otravenko et al., 2024)

Компонент готовності	Характеристика інструментарію	Вплив на освітній простір
Техніко-технологічний	Доступ до e-learning платформ, швидкісного інтернету та хмарних сервісів.	Забезпечення безперервності навчання та моніторингу здоров'я у дистанційному форматі.
Когнітивно-цифровий	Здатність працювати з професійними базами даних та аналітичним софтом.	Підвищення якості науково-обґрунтованих рішень у сфері фізичної рекреації.
Соціально-активний	Використання соціальних мереж та платформ для популяризації спорту.	Підвищення рівня залученості молоді до соціально значущих ініціатив (Otravenko et al., 2021).

Особливого значення набуває діагностика вподобань здобувачів освіти щодо різних видів рекреаційної діяльності, яка завдяки цифровим інструментам може проводитися оперативно та масово (Shynkarova, 2021). Це дає можливість закладам вищої освіти гнучко адаптувати освітній простір до потреб здобувачів, поєднуючи академічне навчання з активним дозвіллям. Таким чином, високий рівень цифрової готовності учасників освітнього процесу стає гарантом успішної трансформації фізичної культури і спорту в епоху глобальної інформатизації суспільства.

**Висновки.** Теоретичне узагальнення підтвердило, що інформатизація сфери фізичної культури і спорту в сучасних умовах є незворотним процесом, який вимагає докорінного перегляду методології підготовки фахівців. Встановлено, що цифровізація виступає не лише технічним засобом автоматизації, а стратегічним ресурсом для оптимізації тренувального процесу, управлінської діяльності та індивідуального здоров'язбереження. Доведено, що інтеграція інноваційних інструментів, таких як штучний інтелект та освітні симулятори, дозволяє створити безпечне та адаптивне навчальне середовище. Це забезпечує формування високого рівня професійної компетентності майбутніх тренерів і викладачів, надаючи їм можливість моделювати складні біомеханічні та тактичні сценарії в цифровому просторі, що значно підвищує якість практичної підготовки.

Визначено роль мобільно орієнтованих та фітнес-технологій як ключових чинників об'єктивізації контролю за станом здоров'я. Використання *wearables* та спеціалізованих додатків дозволяє трансформувати систему фізичного виховання у закладах вищої освіти, зміщуючи акцент на персоналізацію навантажень, підвищення мотивації та розвиток навичок постійного самоконтролю у студентів. З'ясовано, що успішна реалізація потенціалу інформатизації безпосередньо залежить від цифрової готовності учасників освітнього процесу. Формування здоров'язбережувального середовища можливе лише за умови синергії технічного забезпечення, інформаційної грамотності та високої соціальної активності майбутніх фахівців, що дозволяє їм ефективно адаптуватися до викликів цифрового суспільства.

## Література:

1. ГЕРЕВЕНКО, А. М., & ШИНКАРЬОВА, О. Д. (2025). Впровадження цифрових інструментів у фізичну культуру і спорт. *Фізична культура і спорт: сучасні аспекти та тенденції розвитку*. Зб. матер. VI Регіональної науково-практичної конф. з Всеукр. участю, 7-8 травня 2025 р. Гол. ред. Шинкарьова О. Д. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 230-232. <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/11131>.
2. ГРИБАН, Г. П., ГАРЛІНСЬКА, А. М., ТКАЧЕНКО, П. П. та ін. (2025). Інноваційні технології навчання здобувачів закладів вищої освіти управлінню сферою фізичної

- культури і спорту. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*, 3 (189), 80-84. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03\(189\).12](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.03(189).12).
3. ДУЛЯБА, Н., & ІВАНИЦЬКИЙ, І. (2024). Розвиток інформаційного забезпечення інноваційної діяльності в сфері фізичної культури та спорту. *Економіка та суспільство*, (67). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-153>.
  4. МАЛЬНЄВ, Д., & ГЕЛЕТА, Д. (2024). Інноваційні підходи до фізичного виховання: як комп'ютерні технології революціонізують здоровий спосіб життя. *Universum*, 4, 211-217. URL: <https://archive.liga.science/index.php/universum/article/download/705/713>.
  5. ОСАДЧЕНКО, Т. (2023). Сучасний стан цифровізації у сфері фізичної культури та спорту в Україні. *Physical Culture and Sport: Scientific Perspective*, 2, 103-108. <http://doi.org/10.31891/pcs.2023.2.14>.
  6. ЧУХЛАНЦЕВА, Н. В., ШУБА, Л. В., & ШУБА, В. В. (2020). Мобільно орієнтовані фітнес-технології як засіб впливу на фізичну активність студентів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 75 (1), 253-268.
  7. ШИНКАРЬОВА, О. Д. (2026). Цифровізація як інструмент оптимізації системи спортивної підготовки в сучасних умовах. *Фізична культура і спорт: сучасні аспекти та тенденції розвитку*. Збірник матеріалів VII Регіональної науково-практичної конференції з Всеукраїнською участю (12 березня 2026 р.). Гол. ред. Шинкарьова О. Д. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 388-390. <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/12736>.
  8. ШИНКАРЬОВА, О. Д., & СИТКОВСЬКА, І. П. (2025). Фітнес-технології: інноваційні підходи до вдосконалення здоров'я і фізичної підготовленості. *Фізична культура і спорт: сучасні аспекти та тенденції розвитку*. Зб. матер. VI Регіональної науково-практичної конференції з Всеукраїнською участю. Гол. ред. Шинкарьова О. Д. Полтава: ДЗ «Луганський національний ун-т імені Тараса Шевченка». С. 255-257. <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/11131>.
  9. KIM, H. J., HONG, A. J., & SONG, H.-D. (2019). The roles of academic engagement and digital readiness in students' achievements in university e-learning environments. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16 (1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0152-3>
  10. OTRAVENKO, O., SHKOLA, O., SHYNKAROVA, O., ZHAMARDIY, V., LYVATSKYI, O., & PELYPAS, D. (2021). Leisure and recreational activities of student youth in the context of health-preservation. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*. JETT.2021, 12 (3), 146-154. <https://doi.org/10.47750/jett.2021.12.03.014>.
  11. OTRAVENKO, O. V., SHKOLA, O. M., ZHAMARDIY, V. I., SHYNKAROVA, O. D., FOMENKO, O. V., POLULIASHCHENKO, T. L., & DONCHENKO, V. I. (2024). Fostering the social activity of future specialists in physical education and sports in a health-preserving environment. *Acta Balneologica*. Journal of the Polish Balneology and Physical Medicine Association, LXVI, 2 (180), 135-143. <https://doi.org/10.36740/ABAL202402110>.
  12. SHYNKAROVA, O. (2021). Preference diagnosis of applicants of higher education institutions for different kinds of leisure and recreational activities. *Social and Human Sciences*. Polish-Ukrainian scientific journal (<https://issn2391-MODERNÍ ASPEKTY VĚDY Svazek LXVII mezinárodní kolektivní monografie 211 4165.webnode.com.ua/>), 01 (29). Available at: <https://issn2391-4164.blogspot.com/p/13.html>
  13. SHYNKAROVA, O., DUBOVOI, V., DUBOVOI, O., SIPAKOVA, D., & SHYNKAROVA, N. (2026). Scientific and methodological substantiation of strength training transformation for men of the first mature age in the context of physical education and sports system digitalization. *Multidisciplinární mezinárodní vědecký magazín «Věda a perspektivy» je registrován v České republice*, 3 (58), 27-34. [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2026-3\(58\)-27-34](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2026-3(58)-27-34).

14. SHYNKAROVA, O., & HEREVENKO, A. (2026). The use of educational simulators and artificial intelligence in the formation of professional competence of future physical education and sport specialists. *Moderní aspekty vědy: Svazek LXVII mezinárodní kolektivní monografie*. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. se sídlem v Lázních, 201-211. <https://doi.org/10.52058/67-2026>.

### 3.8. AN ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SMART TOURISM IN TOURISTIC CLUSTERS

### 3.8. АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СМАРТ ТУРИЗМУ У ТУРИСТИЧНІ КЛАСТЕРИ

Сучасний розвиток туристичної галузі відбувається в умовах цифрової трансформації економіки, глобалізації ринків та зростання вимог споживачів до якості та індивідуалізації послуг. У цих умовах традиційні підходи до організації туристичної діяльності поступово втрачають ефективність, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних моделей управління та розвитку. Однією з таких моделей є концепція смарт-туризму, яка базується на активному використанні інформаційно-комунікаційних технологій, великих даних, цифрових платформ і інтелектуальних систем для підвищення якості туристичного продукту та оптимізації взаємодії між усіма учасниками ринку.

Особливого значення набуває інтеграція принципів смарт-туризму у туристичні кластери, які є ефективною формою організації взаємодії підприємств, органів влади, наукових установ та інших стейкхолдерів на певній території. Туристичні кластери сприяють концентрації ресурсів, розвитку інфраструктури та формуванню конкурентних переваг регіонів. Впровадження смарт-рішень у межах кластерів дозволяє підвищити рівень координації між їх учасниками, забезпечити більш ефективне управління туристичними потоками та створити інноваційне середовище для розвитку галузі.

Разом із тим, процес впровадження смарт-туризму у туристичні кластери супроводжується низкою викликів, пов'язаних із недостатнім рівнем цифрової готовності підприємств, обмеженістю фінансових ресурсів, відсутністю чітких стратегій цифровізації, а також потребою у формуванні відповідної нормативно-правової бази. Це зумовлює необхідність глибшого дослідження механізмів інтеграції цифрових технологій у кластерні структури та оцінки їх ефективності.

*Метою дослідження є аналіз особливостей впровадження смарт-туризму у туристичні кластери, визначення основних переваг і проблем цього процесу, а також обґрунтування напрямів його подальшого розвитку. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: дослідити теоретичні засади смарт-туризму, проаналізувати сучасний стан цифровізації туристичних кластерів, виявити ключові бар'єри впровадження інноваційних технологій та сформулювати практичні рекомендації щодо підвищення ефективності їх використання.*

Таким чином, актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю адаптації туристичної галузі до сучасних цифрових викликів та пошуку ефективних моделей її розвитку на основі інтеграції інноваційних технологій у кластерні структури.

Світовий розвиток та практика зарубіжних країн переконливо свідчать про неминучість закономірності виникнення різноманітних видів інтеграційних структур, де кластери посідають провідне місце. Останнім часом формування кластерних структур дедалі більше стає найважливішим напрямом державної політики у соціально-економічному розвитку багатьох країн світу.

Загострення конкуренції у сфері туризму актуалізує проблему формування інтегрованих структур, які сприяли б підтримці стійких темпів зростання регіональної економіки, сприяли б більш повному використанню накопиченого потенціалу та його подальшому розвитку.

В економічній літературі визначення «кластер» трактується в більшості випадків з точки зору концентрації на певній території групи взаємопов'язаних підприємств, організацій, що посилюють конкурентні переваги як кожного з них, так і інтеграційної структури – кластера в цілому. Виграш від такої концентрації утворюється в результаті розподілу витрат на підтримку спільно використовуваних ресурсів (Agafonov, 2010).

Цьому сприяє також географічна близькість, яка дає можливість дешевизни та швидких термінів постачання ресурсів, необхідних для бізнесу. Таким чином, кластер дозволяє

пов'язати діяльність фірм і сформувати єдиний центр, який забезпечує взаємодію всіх ключових елементів і структур.

Поняття кластерної структури може застосовуватися з різними цілями як аналітичного, так і практичного характеру. Аналітичне дослідження кластерних структур дозволяє здійснювати фінансово-господарську діяльність у рамках окремого підприємства, галузі або як об'єкт вивчення в частині прогнозування сценаріїв розвитку. Практична спрямованість кластера є об'єктом підтримки в рамках стратегії розвитку окремих територіальних утворень, де передбачаються заходи щодо формування інтегрованих кластерних структур, виходячи з того, що кластери сприяють підвищенню продуктивності, інноваційності, конкурентоспроможності, прибутковості та зайнятості фірм, компаній та різних підприємств, що знаходяться на даній території.

Наразі головною особливістю кластера є його інноваційна спрямованість. Кластер може бути створений практично в будь-якій сфері економіки. Перспективним напрямком розвитку туристичних територій можуть стати курорти, засновані на лікувальних програмах. Оздоровчий відпочинок – це індивідуальний вид туризму, який, залежно від засобів впливу, поділяється на клімато-, бальнео-, грязелікування тощо. Одна з останніх тенденцій – поєднання лікування з активним оздоровчим відпочинком і спортом.

Розвиток туризму призводить до формування особливого роду споживчих ринків, що утворюються в результаті прибуття туриста до місця надання послуг з бажанням придбати не тільки унікальні для даної місцевості товари та послуги (насамперед, туристично-рекреаційного призначення), але й бажає зберегти високий рівень задоволення своїх типових потреб, властивих для місця постійного проживання. Перенесення різних моделей споживчої поведінки в економічне поле окремої території (туристичного центру, туристично-рекреаційного комплексу, туристичної дестинації) робить необхідним створення цілісної системи обслуговування відвідувачів, це, у свою чергу, вимагає наявності відповідної забезпечувальної інфраструктури, у діяльності якої визначається специфіка роботи у сфері туризму. При цьому утворюються особливі територіально-галузеві структури, під якими розуміється сформована просторова єдність різнофункціональних об'єктів обслуговування в межах адміністративно-територіального утворення. Дуже часто в сучасній економічній літературі відбувається змішування понять, що характеризують різні типи туристичних утворень з притаманними їм особливостями: це туристичні центри, туристично-рекреаційні комплекси, туристичні дестинації.

Загальний підхід до визначення характеру туристичної території залежить від ступеня розвитку на ній туристичних послуг, рівня освоєння туристичних ресурсів різного походження, а також наявності факторів, що формують комплекс, які дозволяють задовольняти потреби туристів і місцевих жителів у відпочинку та проживанні на певному якісному рівні. Іншими словами, системоутворююча роль туристичних послуг при формуванні дестинацій має об'єктивний характер, підвищуючи якість обслуговування за рахунок синергетичного ефекту та забезпечуючи динамічне зростання туристичних потоків економіки території в цілому за рахунок ефекту мультиплікатора. З метою розвитку дестинації, на нашу думку, при дослідженні можливостей вдосконалення процесів організації та управління туристичною зоною доцільно використовувати досвід побудови кластерних організаційних структур. Такий структурний підхід може бути використаний на початковому етапі становлення туристичних кластерів, які об'єднуються в просторово-функціональну єдність організації індустрії туризму та інфраструктурного оточення, а також організації економіки міст-курортів. Даний підхід дозволяє глибше зрозуміти взаємодію індустрії туризму та містоутворюючий вплив туристично-рекреаційних послуг у цілому.

Існує дві причини застосування туристичного кластера в рамках досліджуваного регіону. По-перше, туристичний кластер є поняттям мезоекономіки. Його використання пов'язане з проведенням комплексного та глибокого аналізу стану туристичної галузі в конкретному регіоні та його прогнозуванням. По-друге, формування кластерів передбачає розробку, обґрунтування та реалізацію регіональної стратегії розвитку туризму та суміжних з ним сфер

діяльності в рамках загальної концепції соціально-економічного розвитку відповідної території. При цьому передбачається зростання ефективності суб'єктів господарювання цих галузей: підвищення продуктивності праці, інноваційності, прибутковості та рентабельності, конкурентоспроможності.

Окремі автори розглядають процеси кластеризації туризму за кордоном у рамках функціонування лише підприємницького сектору сфери туризму і, крім того, ще у більш вузькому ключі – діяльності лише туристичних підприємницьких структур. При цьому природа кластерного підходу не відображає його багатоаспектність та процеси глобалізації, які впливають на кластеризацію територій у всьому світі. У цих процесах найважливішу роль відіграють інші сектори економіки – суспільний, некомерційний («третій») та сектор домогосподарств.

Туристичний кластер – атрибут не тільки підприємницької діяльності; він є ініціативним кластером. Туристичний кластер регіону здатний підвищити ефективність діяльності суб'єктів господарювання, що входять до його складу. Для останніх посилюється обмін інформацією та впровадження нововведень, полегшуються питання координації спільних дій, з'являється можливість спільного використання інфраструктурних об'єктів, що обслуговують туристів. Стає реальністю підготовка кадрів у великих освітніх структурах, порівняння господарськими суб'єктами-конкурентами ефективності діяльності один одного. На території функціонування туристичного кластера виникає можливість створення сприятливих умов для появи нових структур, пов'язаних із наявними в регіоні трудовими ресурсами відповідної кваліфікації, особливих режимів оподаткування та інвестиційної діяльності в рамках господарювання учасників кластера.

Туристичний кластер як економічна категорія має відповідно чітко визначені цілі та завдання (Baklanova, 2010). Основна місія туристичного кластера – це становлення конкурентоспроможної туристичної індустрії (яка включає всі елементи кластера – місця приваблення, люди, знання, капітал). «Ланки кластера» – поступово розвинені з часом, у результаті переваг співпраці, гнучкі, можуть еволюціонувати за своєю природою та приймати будь-яку форму. Ланки можуть еволюціонувати та видозмінюватися з часом, створюючи, тим самим, більш формальні структури, але завжди засновані на добровільних зобов'язаннях.

Карта кластера – це схема, яка наочно показує всіх прямих і непрямих учасників виробничого процесу, їхній рівень розвитку та інтенсивність взаємодії між ними. Вона складається з трьох складових частин: ядро кластера, супутні сфери, ресурси кластера (Рис. 1).

Ядро кластера – компанії та організації, безпосередньо залучені до процесу надання туристичних послуг, тобто це туристичні фірми, що надають послуги із залучення туристів. Засоби розміщення, транспортні компанії також є важливою ланкою в туристичному бізнесі, і часто їх включають у пакет послуг, який надають туристичні агентства. Туристичні атрактори є дуже важливою частиною карти туристичного кластера, оскільки вони відображають не лише запити туристів, а й є відмінною рисою кожної країни окремо. Відвідувачі є дуже важливою частиною туристичного кластера, оскільки від уподобань замовника буде змінюватися сама карта туристичного кластера. Непрямими постачальниками туристичних послуг є підприємства громадського харчування та організації, що займаються безпекою туристів. Однією з основ для розвитку туристичного кластера є державний сектор, який включає освітні установи, що займаються підготовкою фахівців у туристичному кластері, галузеві асоціації та курируючі державні органи. Асоціації туристичних операторів, а також засобів розміщення та підприємств громадського харчування є опосередкованим відображенням думок даної сфери щодо концептуальних питань. Члени асоціації повинні мати досвід роботи в даній галузі, що свідчить про позитивні явища, які характеризують стійке становище даних фірм, а також знання специфіки туристичного ринку. Кластерні зустрічі забезпечують відкрите обговорення проблем для їх вирішення та ініціатив для їх розвитку, спільні рішення, розвиток і підтримку конструктивного діалогу, забезпечення допомоги та стратегічного керівництва для членів кластера. Зустрічі робочих груп спрямовані на

визначення планів заходів, кроків для вирішення конкретних проблем, презентації результатів роботи групи, залучення міжнародних консультантів для забезпечення аналізу та стратегічного плану виходу на ринок, а також для залучення інвестицій.



Рис. 1 Структура туристичного кластера (Egorov, 2010)

У рамках туристичного кластера передбачувані учасники кластера можуть бути класифіковані на такі групи (Bunakov, 2011):

- туроператори – постачальники туристичних послуг;
- готелі;
- транспортні компанії (що надають автобуси, авіаперельоти, залізничні перевезення);
- освітні установи;
- комітет з регулювання торговельної та туристичної діяльності.

Основний механізм, який робить кластери економічно вигідними, – це вираш від розподілу витрат за рахунок наявності спільних ресурсів при географічній концентрації фірм. Особливо важливими із цих спільних ресурсів є спільний досвід і знання, які тісно пов’язані з їхніми носіями – людьми. Концентрація ресурсів також сприяє інноваційним проривам, оскільки вони зазвичай вимагають об’єднання всіх ресурсів в одному місці.

Перевагами кластерного підходу щодо державних органів є процеси, що дозволяють комплексно та системно оцінювати оперативні позиції за групами взаємопов’язаних підприємств, які належать до різних сфер діяльності. Крім того, кластерні технології дозволяють застосовувати ініціативи, започатковані підприємницькими структурами та реалізовані лідерами бізнесу, що є своєрідним гарантом їх успішної реалізації.

Можна визначити й комплекс інструментів, необхідних для створення кластера:

- адміністративно-управлінські, які передбачають утворення суб’єкта та об’єкта в кластері. При цьому слід зазначити, що органи виконавчої влади можуть задіяти лише непрямі заходи реалізації інструменту, не залучаючи бізнес;

- інвестиційно-інноваційні, що передбачають сучасну виробничу, інженерну або будь-яку іншу інфраструктуру, необхідну для формування кластера. Ступінь впливу органів влади на реалізацію цих видів інструментів порівняно з попередніми набагато вищий;
- правові, що передбачають формування нормативно-правових документів та підтримку відповідних програм (кадрових, інформаційних, маркетингові тощо).

Для створення кластера на певній території необхідно провести кластерний аналіз, який дозволить визначити структуру майбутнього кластера, його ймовірні місцеві потреби, наявність або необхідність створення суміжних компаній, наявність необхідних факторних умов – інфраструктури, кваліфікації фахівців, капіталу та наукової підтримки (Baklanova, 2010).

Розглянемо специфіку кластерного підходу в туризмі. Кластерні технології у сфері туризму – це підходи з позицій оптимізації туристичного бізнесу та рекреаційного девелопменту, тобто оптимізації туристичного простору, що дозволяє здійснити перехід від створення одиничних об'єктів до формування їхньої пов'язаної сукупності у формі кластерів.

Головна відмінність кластера в туристичній сфері від виробничих кластерів полягає в тому, що він має маршрутну територіальну організацію. Туристичні маршрути за відповідними їм туристичними потоками пов'язані воєдино як елементи системи, а не як об'єкти, що конкурують між собою, завдяки чому й формується кластерна інтегрована структура. Так, туристичний кластер можна визначити як взаємопов'язану групу туристичних та інфраструктурних компаній, що в модульну структуру та територіальну організацію, виконує рекреаційні функції та забезпечує конкурентоспроможність туристичних послуг.

Домінантною структурою в туристичному кластері може бути як інфраструктурний об'єкт у вигляді засобів розміщення, так і конкретний вид туризму як об'єкт туристичного інтересу, до якого локалізуються туристичні маршрути та потоки. Отже, ресурсний потенціал структурних елементів туристичного кластера в будь-якому територіальному утворенні можна представити комплексом таких процесних і функціональних об'єктів:

- особливо охоронюваними природними територіями;
- пам'ятками історико-культурної спадщини;
- особливо охоронюваними природними територіями;
- пам'ятками історико-культурної спадщини;
- спеціально створеними туристичними об'єктами;
- природними комплексами та штучними атракторами.

Найбільш значущими прикладами кластерів, що формуються у сфері туризму, є активізація туристичної діяльності певної території у зв'язку з подіями, що викликають значні туристичні потоки (олімпіада, форуми, спортивні події світового масштабу тощо).

Так же існує необхідність в аналізі смарт-туризму, як складової кластерної структури в галузі туризму. Смарт-туризм в останні роки стає однією з ключових парадигм розвитку туристичної галузі, тісно пов'язаною з цифровою трансформацією економіки та суспільства. В його основі лежить інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій, великих даних та інноваційних сервісів, спрямованих на підвищення якості туристичного досвіду і ефективності управління дестинаціями. Центральну роль у цьому процесі відіграють цифрові платформи, які виступають сполучною ланкою між різними учасниками туристичної екосистеми – туристами, бізнесом та органами управління.

Цифрові платформи в контексті смарт-туризму являють собою багатосторонні системи, що забезпечують збір, обробку та обмін даними в режимі реального часу. Вони дозволяють інтегрувати послуги розміщення, транспорту, розваг і харчування в єдиний інформаційний простір, створюючи персоналізовані пропозиції для користувачів. Завдяки таким платформам турист отримує доступ до актуальної інформації, рекомендацій і відгуків, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень та підвищує рівень задоволеності подорожжю.

З точки зору управління дестинаціями, цифрові платформи забезпечують нові інструменти моніторингу та аналізу туристичних потоків. Використання даних про переміщення, вподобання та поведінку туристів дозволяє органам влади і бізнесу

оптимізувати інфраструктуру, регулювати навантаження на популярні об'єкти та розвивати менш відомі напрямки. Це особливо важливо в умовах зростаючої уваги до сталого розвитку туризму та необхідності мінімізації негативного впливу на довкілля і місцеві громади.

Важливим аспектом взаємодії смарт-туризму та цифрових платформ є розвиток концепції відкритих даних і міжсекторальної співпраці. Платформи стають не лише інструментами комерційної діяльності, але й основою для створення інноваційних сервісів, включаючи інтелектуальні навігаційні системи, віртуальних гідів і рішення на основі доповненої реальності. Це сприяє формуванню більш гнучкого й адаптивного туристичного середовища, здатного швидко реагувати на зміни попиту та зовнішні виклики.

Водночас впровадження цифрових платформ у смарт-туризм супроводжується низкою викликів, зокрема питаннями захисту персональних даних, цифрової нерівності та залежності від технологічних провайдерів. Для ефективного розвитку необхідне формування нормативної бази та стратегій, що забезпечують баланс між інноваціями та безпекою.

Отже, цифрові платформи є фундаментальним елементом смарт-туризму, забезпечуючи інтеграцію даних, підвищення якості послуг і сталий розвиток туристичних дестинацій. Їх подальший розвиток визначатиме конкурентоспроможність регіонів і трансформацію туристичного досвіду в умовах цифрової економіки.

Сьогодні туристична галузь стикається з викликами, пов'язаними зі зміною споживчої поведінки, зростанням конкуренції та необхідністю підвищення якості обслуговування. У зв'язку з цим впровадження цифрових платформ може стати ефективним інструментом для підвищення конкурентоспроможності туристичних компаній та поліпшення якості послуг. Однак, незважаючи на потенціал цифрових технологій, багато компаній та органів державної влади стикаються з викликами та проблемами під час їх впровадження, які можна визначити таким чином:

- недостатнє використання цифрових технологій у туристичній індустрії: у порівнянні з іншими галузями, туристичний сектор недостатньо використовує цифрові технології та платформи для поліпшення якості обслуговування та підвищення ефективності бізнес-процесів;

- неефективне використання наявних цифрових платформ: багато туристичних компаній мають доступ до цифрових платформ, але не використовують їх повною мірою або не використовують їх найбільш ефективно;

- відсутність єдиної стратегії впровадження цифрових платформ: багато компаній впроваджують цифрові платформи, але не мають чіткої стратегії, що призводить до фрагментації та неефективності використання платформ;

- відсутність стандартів та нормативів: наявність стандартів та нормативів для впровадження цифрових платформ може істотно спростити процес їх впровадження, але на даний момент таких стандартів та нормативів немає;

- недостатній захист даних: впровадження цифрових платформ може призвести до підвищення ризику витоку даних та порушення конфіденційності даних клієнтів туроператорів і готелів.

Цифрові платформи в туризмі мають свою специфіку порівняно з іншими галузями. У туризмі цифрові платформи в основному використовуються для бронювання та оплати туристичних послуг, таких як авіаквитки, готелі, транспорт, екскурсії тощо. Вони також надають туристам інформацію про місця, які вони можуть відвідати, а також рекомендації та відгуки інших туристів.

Специфіка цифрових платформ у туризмі полягає в наступному:

- 1) високий ступінь персоналізації: цифрові платформи в туризмі пропонують індивідуальні рекомендації та пропозиції, засновані на вподобаннях та історії подорожей туристів;

- 2) інтерактивність: цифрові платформи в туризмі забезпечують взаємодію між туристами та місцевими жителями, надаючи можливість спілкування та обміну досвідом;

3) локалізація: цифрові платформи в туризмі пропонують інформацію різними мовами та враховують культурні особливості різних країн і регіонів;

4) використання нових технологій: цифрові платформи в туризмі використовують нові технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання та блокчейн, для поліпшення якості та ефективності послуг;

5) управління репутацією: цифрові платформи в туризмі забезпечують можливість залишати відгуки та рейтинги, а також контролюють якість послуг;

б) використання мобільних пристроїв: цифрові платформи в туризмі широко використовують мобільні додатки для бронювання та оплати послуг, а також для надання інформації про місця та події.

Проаналізувавши світовий досвід впровадження цифрових платформ у сфері туризму, можна виділити низку кейсів. Успішні кейси впровадження цифрових платформ у туристичній індустрії:

1. Airbnb – платформа для бронювання житла у всьому світі, яка була заснована у 2008 році та швидко стала одним із найуспішніших цифрових рішень у туризмі. Airbnb пропонує унікальні та персоналізовані варіанти проживання, такі як квартири, будинки

Subscribe to DeepL Pro to edit this document. Visit [www.DeepL.com/pro](http://www.DeepL.com/pro) for more information.

або навіть замки, що приваблює багатьох мандрівників. Крім того, платформа Airbnb пропонує безліч варіантів за фільтрами, такими як ціна, місце розташування та зручності, що робить пошук житла максимально простим і зручним для користувачів.

2. Booking.com – платформа для бронювання готелів та інших видів розміщення по всьому світу. Booking.com була створена в 1996 році і з того часу стала однією з найпопулярніших цифрових платформ у сфері туризму. Booking.com пропонує широкий вибір розміщення, починаючи від дешевих хостелів до розкішних готелів, що робить її придатною для різних категорій туристів. Крім того, Booking.com пропонує безліч знижок та спеціальних пропозицій, що робить її ще більш привабливою для користувачів.

3. TripAdvisor – платформа для оцінки та бронювання готелів, ресторанів та інших видів розваг у всьому світі. TripAdvisor була створена у 2000 році і з того часу стала однією з найпопулярніших цифрових платформ у сфері туризму. TripAdvisor дозволяє користувачам оцінювати та коментувати різні місця, що робить пошук і вибір місця проживання або розваг максимально простим і зручним.

4. Expedia – це одна з найбільших онлайн-платформ для бронювання готелів, авіаквитків, оренди автомобілів та інших послуг у сфері туризму. Вона була заснована в 1996 році і з того часу стала одним із найпопулярніших сервісів для мандрівників у всьому світі. Сайт пропонує широкий вибір різних типів розміщення, включаючи готелі, апартаменти, хостели та інші варіанти. Крім того, Expedia надає інформацію про ціни, відгуки інших мандрівників та опис послуг, що допомагає зробити правильний вибір. Expedia також пропонує можливість бронювання авіаквитків, оренди автомобілів та інших послуг, що робить її повноцінним сервісом для подорожей.

5. Agoda – платформа для бронювання готелів та інших видів розміщення в Азії та інших регіонах світу. Agoda була створена у 2005 році. Вона пропонує широкий вибір готелів та інших видів розміщення.

Проаналізувавши типові моделі впровадження цифрових платформ у туристичній індустрії, було виявлено деякі проблеми та виклики, зокрема такі (Buhalis, 2015):

1) низька адаптація учасників ринку до цифрових технологій, включаючи туристичні компанії та постачальників послуг;

2) низька довіра споживачів до цифрових платформ та побоювання щодо безпеки особистих даних;

3) необхідність інтеграції різних цифрових платформ для забезпечення більш повної та якісної інформації для туристів;

4) деякі туристичні компанії не готові до переходу на цифрові платформи через високі витрати на оновлення технологій та навчання персоналу;

5) необхідність розробки нових бізнес-моделей для монетизації цифрових платформ у туризмі;

б) нестача кваліфікованих кадрів у сфері цифрових технологій у туризмі.

Оптимальна стратегія та модель впровадження цифрової платформи для підприємств туристичної індустрії залежатимуть від багатьох факторів, таких як розмір підприємства, тип його послуг, характеристики цільової аудиторії тощо. Однак, загалом можна виділити кілька рекомендацій щодо вибору оптимальної моделі впровадження залежно від типу підприємства:

1. *Готелі та готельні комплекси.* У цьому випадку оптимальною моделлю може бути підключення до великої платформи типу «Все в одному», оскільки багато туристів шукають саме такі послуги в інтернеті. Також важливо забезпечити можливість онлайн-чату та персоналізованих рекомендацій для покращення досвіду клієнтів.

2. *Туроператори та агентства.* Тут можна використовувати модель «Агрегатор», щоб надати користувачам широкий вибір турів та послуг на одній платформі. Також корисно включити можливість онлайн-консультацій та персоналізованих рекомендацій.

3. *Ресторани та кафе.* У цьому випадку корисною може бути модель «Туристичний гід», щоб надати туристам інформацію про найкращі місця для харчування в місті чи регіоні. Також важливо забезпечити можливість онлайн-бронювання та замовлення їжі.

4. *Туристичні атракції та музеї.* У цьому випадку корисною може бути модель «Відгуки та рейтинги», щоб показати туристам, які місця є найпопулярнішими та рекомендуються іншими відвідувачами.

Також корисно включити можливість онлайн-бронювання квитків та екскурсій.

Оптимальна модель впровадження цифрової платформи туризму для державного органу управління на рівні країни та на рівні окремого регіону повинна враховувати низку факторів, таких як характеристики туристичної індустрії, особливості туристичних потоків, потреби та побажання туристів та інші.

Аналізуючи термін «розумний», можна дійти до висновку, що він став новим модним терміном для опису технологічних, економічних та соціальних змін, що зумовлені технологіями, які базуються на датчиках, великих даних, відкритих даних, нових способах підключення та обміну інформацією (e.g., Internet of Things, RFID, and NFC) наприклад, а також на здатності робити висновки та міркувати. Höjer and Wangel (2015) стверджують, що «розумність» визначається не стільки окремими технологічними досягненнями, скільки взаємозв'язком, синхронізацією та узгодженим використанням різних технологій (Höjer, & Wangel, 2015). Harrison et al. (2010) концептуалізують «розумний» як використання оперативних даних реального світу майже в режимі реального часу, інтеграцію та обмін даними, а також застосування комплексних аналітичних методів, моделювання, оптимізації та візуалізації для прийняття кращих оперативних рішень (Harrison et al., 2010). Цей термін було застосовано до міст (розумне місто) для опису зусиль, спрямованих на інноваційне використання технологій для досягнення оптимізації ресурсів, ефективного та справедливого управління, сталого розвитку та якості життя. У контексті фізичної інфраструктури (наприклад, розумний дім, розумна фабрика) акцент робиться на стиранні меж між фізичним та цифровим світами та на сприянні інтеграції технологій. У поєднанні з технологіями (смартфон, смарт-картка, смарт-телевізор тощо) цей термін описує багатофункціональність та високий рівень підключення. У контексті ринків/економік (розумна економіка) він стосується технологій, що підтримують нові форми співпраці та створення цінності, які ведуть до інновацій, підприємництва та конкурентоспроможності.

У контексті туризму термін «розумний» використовується для опису складного поєднання всіх вищезазначених елементів. Існує неймовірна інституційна підтримка, а в деяких випадках навіть тиск з метою реалізації розумного туризму. Особливо в Азії спостерігаються узгоджені зусилля, спрямовані на просування програми розумного туризму. Уряди Китаю та Південної Кореї активно фінансують ініціативи, зосереджені переважно на

побудові технологічної інфраструктури, що підтримує розумний туризм (Hwang et al. 2015). У Європі багато ініціатив у сфері розумного туризму виникли з проектів розумних міст, і, як наслідок, розумні туристичні напрямки дедалі частіше з'являються у європейському туристичному ландшафті. Однак у Європі основна увага приділяється інноваціям та конкурентоспроможності, а також розробці розумних додатків для кінцевих користувачів, що підтримують збагачені туристичні враження за допомогою вже існуючих даних, об'єднаних та оброблених новими способами. В Австралії акцент робиться на розумному управлінні та, зокрема, на відкритих даних. Уряди повсюдно визнають трансформаційну силу розумних технологій не лише з точки зору економічного потенціалу, а й у соціальному та досвідному вимірах.

Проте на практиці «розумний» став дуже розмитим поняттям, яке часто використовується для просування конкретних політичних програм та продажу технологічних рішень. Це особливо актуально у випадку «розумного туризму», де це поняття часто використовується в контексті ініціатив з відкритих даних або для досить тривіальних проектів, таких як просування безкоштовного Wi-Fi чи розробка мобільних додатків. Хоча ці технології та нові підходи до збору, управління та обміну даними є важливими кроками на шляху до впровадження розумного туризму, вони не дають повного уявлення про те, що охоплює розумний туризм. Існує також брак чіткості у визначенні: раптом усе стає розумним. Крім того, що стосується розумного туризму, теорія, здається, відстає від багатьох проектів, що реалізуються урядами та галуззю. Академічні роботи здебільшого зосереджені на описі цього явища у формі тематичних досліджень або на обговоренні окремих технологічних розробок, а не на закладанні теоретичних основ для його розвитку та/або критичного аналізу. Тому є необхідність надання уявлення про наше сучасне розуміння того, що таке «розумний туризм», а що ним не є. Крім того, у ній окреслено потреби у дослідженнях, які необхідно задовольнити, щоб забезпечити інформування щодо майбутнього розвитку «розумного туризму».

Згідно з визначенням UNWTO (2015), туризм – це «соціальне, культурне та економічне явище, що передбачає переміщення людей до країн або місць поза межами їхнього звичного середовища з особистих або ділових / професійних цілей» (UNWTO, 2015). З огляду на інформаційну насиченість туризму та пов'язану з цим високу залежність від інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), не дивно, що поняття «розумний» застосовується до явищ, що охоплюють туризм. Багато в чому «розумний» туризм можна розглядати як логічне продовження традиційного туризму та, з недавнього часу, електронного туризму, оскільки основи для інновацій та технологічної орієнтації галузі й споживачів були закладені ще на ранньому етапі завдяки широкому впровадженню інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у туризмі, наприклад у вигляді глобальних систем розподілу та централізованого бронювання, а також інтеграції веб-технологій, що призвело до появи електронного туризму. Ця траєкторія розвитку продовжилася з широким впровадженням соціальних медіа та переходом до реалізації мобільного туризму з огляду на високу мобільність туристичної інформації та споживачів туристичних послуг.

Однак розумний туризм, безсумнівно, є окремим етапом у розвитку ІКТ у туризмі, оскільки фізичні та управлінські аспекти туризму виходять на цифрове поле, у туристичних системах досягаються нові рівні інтелекту (Gretzel, 2011), структура галузі знову змінюється, а способи створення, обміну, споживання та поширення туристичних вражень кардинально відрізняються.

Розумний туризм включає в себе численні компоненти та рівні «розумності», що підтримуються ІКТ (Рис. 2). З одного боку, це стосується «розумних туристичних напрямків», які є особливими випадками «розумних міст»: вони застосовують принципи «розумного міста» до міських або сільських територій і враховують не лише мешканців, а й туристів у своїх зусиллях щодо підтримки мобільності, доступності та розподілу ресурсів, сталого розвитку та якості життя / відвідувань. Lopez de Avila (2015) визначає «розумний туристичний напрямок» як: інноваційний туристичний напрямок, побудований на інфраструктурі найсучасніших технологій, що гарантує сталий розвиток туристичних територій, доступний

для всіх, який полегшує взаємодію відвідувача з оточенням та його інтеграцію в нього, підвищує якість досвіду в цьому напрямку та покращує якість життя мешканців (Lopez de Avila, 2015). Ключовим аспектом розумних туристичних напрямків є інтеграція ІКТ у фізичну інфраструктуру.

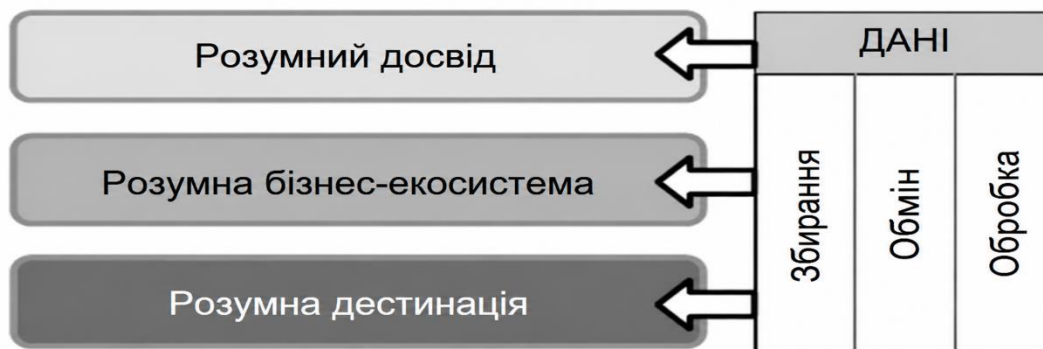


Рис. 2. Компоненти та рівні розумного туризму (Lopez de Avila, 2015)

Окрім компонента, пов'язаного з туристичним напрямком, «розумний туризм» є соціальним явищем, що виникає в результаті поєднання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) з туристичним досвідом. Компонент «розумного досвіду» конкретно зосереджується на туристичних враженнях, опосередкованих технологіями, та їхньому покращенні завдяки персоналізації, врахуванню контексту та моніторингу в режимі реального часу. Neuhofer et al. (2015) визначають агрегацію інформації, повсюдну пов'язаність та синхронізацію в режимі реального часу як основні рушії таких вражень від розумного туризму (Neuhofer et al., 2015). Враження від розумного туризму є ефективними та насиченими змістом. Туристи є активними учасниками їхнього створення. Вони не тільки споживають, а й створюють, анують або іншим чином покращують дані, що становлять основу досвіду. Розумні туристи та їхні цифрові «я» (або «дані тіла») використовують смартфони для доступу до інформаційних інфраструктур, що надаються в місці призначення або віртуально, щоб додати цінності своїм враженням.

Третій компонент, «Розумний бізнес», стосується складної бізнес-екосистеми, яка створює та підтримує обмін туристичними ресурсами та спільне створення туристичного досвіду. Buhalis and Amaranggana (2014) описують бізнес-компонент розумного туризму як такий, що характеризується динамічно взаємопов'язаними зацікавленими сторонами, цифровізацією основних бізнес-процесів та організаційною гнучкістю (Buhalis, & Amaranggana, 2014). Особливістю цього компонента «розумного бізнесу» є те, що він включає державно-приватне співробітництво в незвичайному обсязі, що є наслідком того, що уряди стають більш відкритими та орієнтованими на технології як постачальники інфраструктури та даних. Крім того, розумний туризм визнає, що споживачі також можуть створювати та пропонувати цінність, а також здійснювати моніторинг і, отже, брати на себе ролі в бізнесі чи управлінні.

Важливо, що розумний туризм охоплює три рівні в цих трьох компонентах: рівень розумної інформації, спрямований на збір даних; рівень розумного обміну, що підтримує взаємозв'язок; та рівень розумної обробки, який відповідає за аналіз, візуалізацію, інтеграцію та інтелектуальне використання даних.

Виходячи з цих міркувань, розумний туризм визначається як туризм, що підтримується інтегрованими зусиллями у місці призначення з метою збору та агрегації/використання даних, отриманих з фізичної інфраструктури, соціальних зв'язків, урядових/організаційних джерел та людських тіл/розуму у поєднанні з використанням передових технологій для перетворення цих даних на досвід на місці та пропозиції бізнес-цінності з чітким акцентом на ефективності, стійкості та збагаченні досвіду.

Завдяки ІКТ-інструментам та додаткам туристичні компанії змогли стати «розумнішими» у питаннях підвищення своєї ефективності та конкурентоспроможності шляхом (гіпер)автоматизації, інформатизації та трансформації своїх бізнес-функцій і процесів, таких як маркетинг, управління закупівлями / ланцюгами постачання, управління людськими ресурсами, а також обслуговування та управління клієнтами. Однак вплив ІКТ на бізнес не обмежується лише функціональними ефектами. ІКТ також відіграють важливу роль у стимулюванні інституційних та структурних ринкових змін у туристичній галузі. Щоб вижити, традиційні туристичні компанії мають переосмислити свою бізнес-модель та спосіб створення цінності для клієнтів. Дійсно, численні визначення бізнес-моделі сходяться на тому, що вона відображає «дизайн або архітектуру механізмів створення, надання та отримання цінності». Впроваджуючи нові бізнес-моделі, компанії розвивають нові ринки. Sigala (2015) описує розумний туризм як зміну всіх або деяких із таких п'яти елементів ринку: об'єкт обміну, учасники ринку, структура ринку, ринкові інституції та ринкові практики (Sigala, 2015).

Діяльність у розумному середовищі, керованому великими даними, фундаментально впливає на всі дев'ять елементів бізнес-моделей:

- 1) сегменти клієнтів;
- 2) ціннісні пропозиції;
- 3) канали;
- 4) відносини з клієнтами;
- 5) джерела доходу;
- 6) ключові ресурси;
- 7) ключові види діяльності;
- 8) ключові партнерства;
- 9) структура витрат.

Отже, щоб визначити свою бізнес-модель, компанії повинні визначити такі елементи її структури: створення цінності для клієнта, логіку отримання прибутку суб'єкта, мережу цінності суб'єкта, ресурси та можливості, якими володіє суб'єкт, а також стратегічні рішення, які приймає суб'єкт. Однак те, якими саме є фактичні бізнес-моделі розумного туризму, ще належить визначити. Більшість ініціатив у сфері розумного туризму наразі перебувають на стадії розробки та значною мірою субсидуються урядом. Дійсно, хоча в літературі вже представлені нові моделі управління державними послугами в розумних містах, теоретична розробка бізнес-моделей, придатних для розумного туризму, відсутня. Morabito (2015) навіть припускає, що розумний туризм може означати глибоке переосмислення нашого уявлення про бізнес-моделі та їх значення для стратегії (Morabito, 2015). Література в галузях відкритих інновацій, логіки домінування послуг (SDL) та науки про послуги надає теоретичні основи для підходів до управління, які підприємства можуть застосовувати для виявлення, вирішення та використання можливостей, викликів та переваг розумного туризму, а також для переосмислення своїх бізнес-моделей та збереження конкурентоспроможності.

Відкриті інновації ґрунтуються на припущенні, що організація не може покладатися лише на власні ресурси, а має залучати партнерів для інноваційної діяльності. З цією метою туристичні компанії мають співпрацювати із зацікавленими сторонами за межами своєї організації, щоб залучати та обмінюватися ресурсами для спільного створення цінності.

Згідно з наукою про послуги та SDL, спільне створення цінності відбувається в рамках ширших екосистем послуг. Однак, хоча функціонуюча екосистема послуг вважається основною передумовою для забезпечення спільного створення клієнтського досвіду, досі мало відомо про те, як компанії можуть фактично будувати такі екосистеми послуг та постійно ними керувати. В наукових дослідженнях також описана екосистема послуг як просторово-часову структуру, що спонтанно сприймає та реагує, яка складається з переважно слабо пов'язаних між собою соціальних та економічних суб'єктів, що пропонують цінність та взаємодіють через інституції та технології з метою:

- (1) спільного створення пропозицій послуг,

- (2) обміну пропозиціями послуг та ресурсами,
- (3) спільного створення цінності.

Це відповідає уявлення науковців про динамічно взаємопов'язаних зацікавлених сторін у сфері розумного туризму та визначенню Van Heck and Vervest's (2007) щодо розумних бізнес-мереж, які дозволяють реалізовувати сценарії «plug and play» для використання нових можливостей створення цінності (Van Heck, & Vervest, 2007). Соціальні медіа та інтернет-інструменти відіграють важливу роль у наданні компаніям можливості розвивати такі динамічні зв'язки, оскільки технології дозволяють їм налагоджувати мережі з іншими та безперешкодно обмінюватися ресурсами.

Також в наукових колах обговорюють важливість мобільної технології для спільного створення в екосистемі розумного туризму, припускаючи, що вона відкриває канали комунікації та дозволяє спільно представляти простір рішень на місці. Ресурси, якими можуть володіти та обмінюватися учасники в екосистемі розумного туризму, можуть належати до таких типів:

- матеріальні або нематеріальні ресурси (наприклад, інструменти, програмне забезпечення та інформація);
- людські ресурси (наприклад, навички, знання та віртуальні спільноти);
- та ресурси взаємовідносин (наприклад, відносини з партнерами та постачальниками, а також членство в мережі).

У екосистемі розумних послуг будь-який зацікавлений суб'єкт є учасником, який прагне взаємодіяти та обмінюватися ресурсами з іншими учасниками для спільного створення цінності. У цьому контексті ярлики та ролі, присвоєні таким учасникам, як мандрівники, фірми та посередники, більше не є актуальними. У розумній туристичній екосистемі будь-який тип зацікавленої сторони може стати виробником, споживачем, посередником тощо залежно від ресурсів та зв'язків, а не від заздалегідь визначених ролей. Це означає, що відносини між виробником та клієнтом мають бути переосмислені, а також мають бути розроблені нові підходи до співпраці у виробництві, наданні та споживанні послуг.

Yoo et al. (2015) описали способи та стратегії, які застосовує Trip Advisor для побудови своєї екосистеми послуг, визначивши різних зацікавлених осіб, типи ресурсів, що обмінюються, та тип цінності, яка створюється спільно в результаті цих взаємодій (Yoo et al., 2015). У дослідженні підкреслюється необхідність для туристичних компаній впроваджувати відкриті інформаційні системи та бізнес-моделі, оскільки вони дають їм змогу динамічно керувати своїми екосистемами розумного туризму та підтримувати залучення зацікавлених сторін за принципом «підключи та працюй» залежно від того, якими ресурсами потрібно обмінюватися. Це відбувається тому, що відкриті бізнес-екосистеми дають змогу учасникам спільно створювати «цінність у контексті» шляхом доступу, поєднання та підбору, обміну, адаптації та інтеграції ресурсів різними гнучкими способами залежно від ситуації споживання.

У розумному туризмі бізнес базується на розгалуженій «інфоструктурі», а великі дані, що її підтримують, значною мірою надаються споживачами або активно (наприклад, завантажуються в соціальні мережі), або неявним чином (через датчики на мобільних або носимих пристроях). Дійсно, сама концепція розумного туризму значною мірою ґрунтується на припущенні, що ці споживачі охоче діляться даними. Бізнес у сфері розумного туризму покладається на велику кількість безкоштовної інформації та доступ до відкритих технологічних платформ, щоб перетворити їх на ціннісні пропозиції. Водночас інфоструктура розумного туризму може призвести до нових інформаційних асиметрій, які можна комерційно експлуатувати.

Економічна сила у сфері розумного туризму, без сумніву, походить від контролю над джерелами та потоками інформації. Також важливо визнати, що цінність виникає не лише з права власності, а дедалі частіше – з доступу до інфраструктури чи даних. Тому, виходячи за межі традиційних уявлень про створення цінності, підприємства, які прагнуть працювати в умовах розумного туризму, мають враховувати «цінність у використанні», що означає

створення цінності через використання даних/технологій/інфраструктури, а не через право власності, та виходить за межі індивідуальних обмінів.

Anttiroiko et al. (2014) стверджують, що екосистеми розумних послуг потребують нових альянсів для розподілу ризиків, обміну знаннями та розширення або переформулювання ланцюгів / мереж створення цінності, і що вони створюють середовище, в якому існує великий конкурентний тиск щодо економічної ефективності та інноваційності при переконфігурації послуг (Anttiroiko et al., 2014). Також представляють можливі наслідки «розумних міст» для структур бізнес-мереж та механізмів управління, припускаючи, що утворені «розумні екосистеми» є складними з високими транзакційними витратами, що, ймовірно, сприяє неформальному управлінню.

Подібним чином, Anttiroiko et al. (2014) описують необхідну творчу взаємодію та співпрацю в цих системах як такі, що складніші в управлінні, ніж традиційна конкурентна боротьба (Anttiroiko et al., 2014). З іншого боку, більша складність мережевих структур може відкрити структурні прогалини, якими можуть скористатися підприємства. Ці припущення потребують подальшого дослідження/перевірки, щоб створити міцні основи для успішних підприємств у сфері розумного туризму.

Дослідження в галузі розумного туризму залишаються дуже обмеженими і здебільшого містять лише приклади існуючих ініціатив. Вони також значною мірою зосереджуються на споживчій перспективі та займають дуже оптимістичну й некритичну позицію. Наступне обговорення висвітлює кілька ключових напрямків досліджень, які необхідно врахувати для успішної реалізації цілей розумного туризму.

Дані лежать в основі всіх видів діяльності в рамках розумного туризму. Тому питання конфіденційності є очевидним предметом занепокоєння в контексті розумного туризму. Зокрема, сервіси на основі геолокації, хоча й надзвичайно корисні для туристів, також роблять споживачів вразливими. Питання конфіденційності в туризмі є особливим випадком, оскільки відносини з постачальниками послуг, а отже, і з їхніми додатками/сервісами, зазвичай є короткотривалими, що обмежує формування довіри. Крім того, потреба в інформації настільки велика, що туристів можна легко переконати відмовитися від конфіденційності.

Цифровий слід розумного туриста є величезним, а можливості для аналізу цифрових слідів, залишених під час відпустки чи ділової поїздки, є різноманітними. Розумний туризм стає значним внеском у та бенефіціаром «сенсорного суспільства», яке характеризується повсюдним, постійним збором даних. З цим пов'язані занепокоєння щодо можливості ідентифікації осіб із великих масивів нібито анонімних даних, автоматичного збору даних без конкретної мети та стеження під виглядом надання послуг. Розумний туризм порушує серйозні питання щодо управління інформацією та правильного визначення цінності інформації. Наразі вважається, що вся інформація є надзвичайно цінною для бізнесу і буде вільно надаватися розумними туристами, які прагнуть збагатити свої туристичні враження. Дані збираються бездумно, а витрати на зберігання, пошук та управління інформацією не розраховуються. Хоча впровадження концепції «розумного міста» змусило уряди ретельно продумати, якими даними вони володіють і як їх можна зробити корисними, такі зусилля не обов'язково здійснюються в бізнесі. Тому основною сферою досліджень, необхідною в контексті розумного туризму, є управління інформацією та конфіденційність, зокрема питання, пов'язані з визначенням цінності інформації та забезпеченням безпеки в досить відкритих і повсюдних інформаційних структурах.

Іншою проблемою, яка дедалі частіше обговорюється в контексті розумного туризму, є надмірна залежність від технологій. Це має очевидні наслідки у вигляді поглиблення цифрового розриву для тих, хто не має смартфонів, та для туристичних напрямків, які не можуть собі дозволити побудувати інфраструктуру розумного туризму. Але проблема полягає не лише в доступі чи доступності: останні тенденції на ринку розумних годинників свідчать про те, що споживачі лише неохоче приймають цю технологію, яку можна носити на собі.

Крім того, при детальному розгляді ця залежність від ІКТ виявляє інші проблеми, а саме: інформаційне перевантаження, відсутність випадкових відкриттів, які часто є необхідними для

значущих туристичних вражень, та зростаюче бажання хоча б на час відпустки втекти від технологій. Хоча вже проводяться дослідження щодо того, як технології покращують туристичні враження, очевидно бракує досліджень, зосереджених на потенційних недоліках надмірного посередництва. Очевидно, що необхідний більш критичний погляд на досвід розумного туризму, більше інформації про психологічні та медичні ризики постійного бомбардування даними з боку контекстно-орієнтованих систем, а також розуміння ставлення споживачів до різних аспектів розумного туризму, включаючи їхню готовність до співтворчості, задоволення від таких процесів та фактичні виміри «корисної цінності», яку отримують споживачі.

Необхідність розкриття потенціалу великих даних для перетворення їх на послуги розумного туризму також порушує питання про людський та штучний інтелект, необхідні для цього. Наразі туризм не є сектором, який приваблює багато працівників інтелектуальної праці. Він також відомий своїми проблемами з інноваціями, незважаючи на сильну залежність від ІКТ.

Питання людських ресурсів у контексті розумного туризму зазвичай не обговорюються. Крім того, розумний туризм має дуже утопічне бачення щасливої співпраці між різними учасниками та саморегульованої екосистеми, в якій цінність буде створюватися стабільно. До того ж, як згадувалося вище, які бізнес-моделі можна та слід застосовувати в цьому контексті, залишається загадкою. Тому потрібні додаткові дослідження з організаційної та управлінської точки зору, а також концептуальні та емпіричні дослідження економіки розумного туризму.

Незважаючи на ці занепокоєння, розумний туризм є надзвичайно перспективним сценарієм, який забезпечує більш зручні, безпечні, захоплюючі та сталі життєві простори як для мешканців, так і для туристів, більш персоналізовані і, отже, більш релевантні туристичні враження, а також ще більші можливості для появи нових послуг, бізнес-моделей та ринків завдяки більш гнучким структурам та різним перспективам створення цінності.

Нещодавно опублікували дослідницький маніфест, який окреслює багато рівнів, на яких дослідження у сфері туризму та ІКТ мають зробити значний внесок. Від розгляду питань взаємодії людини з комп'ютером до соціальної динаміки, ринкових структур та галузевих ланцюгів створення вартості, а також до формування політики та управління – дослідження, пов'язані зі смарт-туризмом, мають заповнити багато прогалин, щоб мати змогу критично впливати на ініціативи у сфері смарт-туризму. Дослідження у зв'язку з наукою про дизайн також необхідні для вивчення нових можливостей створення цінності, що надаються розумним туризмом, та перетворення їх на діючі ІКТ.

Багато з основ нової економіки розумного туризму, таких як Uber або AirBnB, базуються на простих технологічних платформах, які використовують існуючі технології для освоєння окремої ринкової ніші. Ці комбінації технологій і ринків потрібно систематично досліджувати та картографувати для підтримки інноваційної діяльності. Також стає цілком очевидним, що для реального використання різних рівнів даних необхідні досягнення в семантичних технологіях та штучному інтелекті. Оскільки сталий розвиток є головним питанням, необхідно оцінити справжні витрати розумного туризму (наприклад, споживання енергії, електронні відходи тощо).

Зроблено спробу надати чіткі визначення та огляд основних припущень, що лежать в основі концепції розумного туризму. У ній визначено розумні туристичні напрямки, розумні бізнес-екосистеми та розумні враження як три основні компоненти, що підтримуються рівнями створення, обробки та обміну даними. Таким чином, розумний туризм було визначено як відмінний від загального електронного туризму не лише за основними технологіями, які він використовує, а й за підходами до створення покращених вражень у місці призначення. У статті підкреслено міцне практичне та теоретичне підґрунтя концептуалізацій, пов'язаних із «розумними містами», та відповідну зосередженість на моделях надання публічних послуг на шкоду всебічному та систематичному дослідженню його бізнес-можливостей та наслідків. Також виявлено брак критичної літератури, яка б ретельно аналізувала припущення щодо

розумного туризму та ставила під сумнів його реалістичність та позитивний вплив на досвід, економіку та суспільство.

Розвиток розумного туризму вже триває. Багато в чому він є природним наслідком широкого впровадження технологій у туризмі. Однак систематична та широкомасштабна координація, обмін та використання туристичних даних для створення доданої вартості все ще перебувають на початковій стадії. Ініціативи у сфері розумного туризму по всьому світу спрямовані на створення життєздатних екосистем розумного туризму, але складність сектору робить надзвичайно важким вихід за межі дуже конкретних інновацій, пов'язаних із платформами, технологіями чи послугами. Проте технологічний поштовх у напрямку розумного туризму є величезним, і очікується, що туризм стане тлом для впровадження багатьох із цих розумних технологій.

Проведений аналіз впровадження смарт-туризму у туристичні кластери свідчить про його значний потенціал як інструменту підвищення ефективності функціонування туристичної галузі. Інтеграція цифрових технологій, платформених рішень і систем управління даними сприяє формуванню інноваційного середовища, у якому всі учасники кластера – бізнес, органи влади та споживачі – взаємодіють більш ефективно та скоординовано.

Встановлено, що впровадження концепції смарт-туризму забезпечує підвищення якості туристичних послуг за рахунок персоналізації пропозицій, оперативного доступу до інформації та оптимізації процесів обслуговування. Крім того, цифрові інструменти дозволяють більш ефективно управляти туристичними потоками, знижувати навантаження на інфраструктуру та сприяти сталому розвитку туристичних дестинацій.

Разом із тим, дослідження показало наявність низки стримуючих факторів, зокрема недостатній рівень цифрової готовності учасників кластерів, відсутність узгоджених стратегій розвитку, обмеженість інвестиційних ресурсів, а також проблеми, пов'язані із захистом даних і довірою користувачів до цифрових сервісів. Це вказує на необхідність комплексного підходу до впровадження смарт-рішень, який передбачає не лише технологічні, але й організаційні та інституційні зміни.

Особливу роль у розвитку смарт-туризму відіграє координація дій між учасниками туристичних кластерів, а також підтримка з боку держави у вигляді нормативного регулювання, стимулювання інновацій і розвитку цифрової інфраструктури. Важливим є також підвищення рівня цифрових компетенцій кадрів та формування нових бізнес-моделей, орієнтованих на використання даних і платформених рішень.

Отже, впровадження смарт-туризму у туристичні кластери є перспективним напрямом розвитку галузі, який здатен забезпечити її конкурентоспроможність у глобальному середовищі. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку ефективних моделей інтеграції цифрових технологій у кластерні структури та оцінку їхнього впливу на соціально-економічний розвиток регіонів.

## Література:

1. AGAFONOV, V. A. (2010). *Klasternaya strategiya: sistemnyy podkhod* (pp. 77-91).
2. ANTTIROIKO, A. V., VALKAMA, P., & BAILEY, S. J. (2014). Smart cities in the new service economy: Building platforms for smart services. *AI & Society*, 29 (3), 323-334.
3. BAKLANOVA, Y. O. (2010). *Otsenka effektivnosti upravleniya regional'nymi innovatsiyami. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, (2), Article 22. <http://uecs.mcnip.ru>.
4. BUHALIS, D., & AMARANGGANA, A. (2014). Smart tourism destinations. In Z. Xiang & I. Tussyadiah (Eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism 2014* (pp. 553-564). Springer.

5. BUHALIS, D., & AMARANGGANA, A. (2015). Smart tourism destinations: Enhancing tourism experience through personalisation of services. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2015* (pp. 377-389). Springer.
6. BUNAKOV, O. A. (2011). Klasternyy podkhod k pozitsionirovaniyu v turizme. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 64-70.
7. EGOROV, N. E. (2010). Innovatsionnoe razvitie ekonomiki regiona na osnove klasternogo podkhoda. *Politekhniicheskiy universitet*.
8. GRETZEL, U. (2011). Intelligent systems in tourism: A social science perspective. *Annals of Tourism Research*, 38 (3), 757-779.
9. HARRISON, C., ECKMAN, B., HAMILTON, R., HARTSWICK, P., KALAGNANAM, J., PARASZCZAK, J., & WILLIAMS, P. (2010). Foundations for smarter cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54 (4), 1-16.
10. HÖJER, M., & WANGEL, J. (2015). Smart sustainable cities: Definition and challenges. In L. M. Hilty & B. Aebischer (Eds.), *ICT innovations for sustainability* (pp. 333-349). Springer.
11. HWANG, J., PARK, H. Y., & HUNTER, W. C. (2015). Constructivism in smart tourism research: Seoul destination image. *Asia Pacific Journal of Information Systems*, 25 (1), 163-178.
12. LOPEZ DE AVILA, A. (2015). Smart destinations: XXI century tourism. In *ENTER 2015 Conference on Information and Communication Technologies in Tourism* (Lugano, Switzerland).
13. MORABITO, V. (2015). *Big data and analytics*. Springer.
14. NEUHOFER, B., BUHALIS, D., & LADKIN, A. (2015). Smart technologies for personalized experiences: A case study in the hospitality domain. *Electronic Markets*.
15. SIGALA, M. (2015). From demand elasticity to market plasticity: A market approach for developing revenue management strategies in tourism. *Journal of Travel & Tourism Marketing*.
16. *UNWTO*. (2015). *Understanding tourism: Basic glossary*. <http://media.unwto.org/en/content/understanding-tourism-basic-glossary>.
17. VAN HECK, E., & VERVEST, P. (2007). Smart business networks: How the network wins. *Communications of the ACM*, 50 (6), 29-37.
18. YOO, K.-H., SIGALA, M., & GRETZEL, U. (2015). Exploring TripAdvisor. In R. Egger, I. Gula, & D. Walcher (Eds.), *Open tourism: Open innovation, crowdsourcing and collaborative consumption challenging the tourism industry*. Springer.

### 3.9. FEATURES OF MEDICAL TOURISM INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE DIGITAL WORLD

### 3.9. ОСОБЛИВОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ МЕДИЧНОГО ТУРИЗМУ В ЦИФРОВОМУ СВІТІ

Комп'ютерні технології здійснили «четверту інформаційну революцію» – перехід до нових форм роботи з інформацією (Pozhydaiev, 2006). Знання інформаційних ресурсів та процесів, які притаманні природнім інформаційним системам (Kulivnyk, & Hladkyi, 2022), в поєднанні із знанням основних законів інформаціологічного впливу на організм людини (Kulivnyk, 2021), дозволяють оптимізувати використання інноваційних засобів і в галузі медичного туризму. Ключовими з них є засоби, що можна умовно об'єднати під назвою Інтернет речей (IoT).

**Ключові поняття IoT.** «Інтернет речей» представляє собою мережу зв'язаних через інтернет об'єктів, здатних збирати дані і обмінюватися даними, які надходять із вбудованих сервісів медичного туризму. «Пристрої IoT» входять до системи інтернету речей і представляють будь-які автономні пристрої, підключені до інтернету, якими можна керувати дистанційно. «Екосистема IoT» включає всі компоненти, які дозволяють підприємствам туристичного сервісу й медичної реабілітації приєднувати свої пристрої до IoT, включаючи пульти управління, панелі інструментів, мережі, шлюзи, аналітику, зберігання даних і безпеку. «Фізичний рівень» представляє апаратне забезпечення, яке використовується в IoT пристроях медичного туризму, включаючи сенсори та мережеве обладнання. Відповідає за передачу даних, зібраних у фізичному шарі, до різних пристроїв. «Рівень додатків» включає протоколи та інтерфейси, які використовують пристрої для ідентифікації та зв'язку між собою. «Пульти управління» дозволяють використовувати IoT-пристрої в галузі медичного туризму, з'єднуючись з ними і контролюючи їх за допомогою панелі інструментів – наприклад, за допомогою мобільних додатків. До пультів управління відносяться смартфони, планшети, ПК, розумні годинники, телевізори і нетрадиційні пульти. «Панелі інструментів» забезпечують відображення інформації про екосистему IoT для користувачів медичного туризму, дозволяючи нею керувати (як правило, дистанційно). «Аналітичний фактор» представляє програмні системи, які аналізують дані, отримані від IoT-пристроїв (Ponomarenko, & Turkovskyi, 2016). До них входять:

1. сенсори (розумні датчики / виконавчі механізми) – вбудовані системи, операційні системи реального часу, джерела безперебійного живлення, мікроелектромеханічні системи (MEMS);

2. системи зв'язку з датчиками – зона охоплення бездротових персональних мереж становить від 0 см до 100 м. Для обміну даними між датчиками застосовуються низькошвидкісні малопотужні інформаційні канали;

3. локальні обчислювальні мережі (LAN) – зазвичай це системи обміну даними на основі протоколу IP, наприклад, 802.11;

4. агрегатори, маршрутизатори (routers), шлюзи (gateways), пограничні пристрої (Edge Device) – постачальники вбудованих систем, самі бюджетні складові (процесори, динамічна оперативна пам'ять і система зберігання даних), виробники модулів, виробники пасивних компонентів, виробники стільникових і бездротових радіосистем, постачальники міжплатформового програмного забезпечення, розробники інфраструктури туманних обчислень, інструментарій для граничної аналітики, безпеки граничних пристроїв, системи управління сертифікатами;

5. глобальна обчислювальна мережа – оператори стільникового зв'язку, оператори супутникового зв'язку, оператори малопотужних глобальних мереж (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN). Зазвичай застосовуються транспортні протоколи Інтернету для IoT і мережевих пристроїв (MQTT, CoAP і HTTP);

6. хмара – інфраструктура в якості постачальника послуг, платформа в якості постачальника послуг, розробники баз даних, постачальники послуг потокової і пакетної обробки даних, інструменти для аналізу даних, програмне забезпечення в якості постачальника послуг, постачальники озер даних, оператори програмно-визначених мереж / програмно-визначених периметрів, сервіси машинного навчання;

7. сервіси аналізу даних – величезні масиви інформації передаються до хмари. Робота з великими обсягами даних і отримання з них користі – це завдання, що вимагає комплексної обробки подій, аналітики і прийомів машинного навчання;

8. безпека (security) – при зведенні всіх елементів архітектури воедино постають питання кібербезпеки. Безпека стосується кожного компонента: від датчиків фізичних величин до ЦПУ і цифрового апаратного забезпечення, систем радіозв'язку і самих протоколів передачі даних.

Велика увага при розробці IoT для потреб медичного туризму приділяється встановленню з'єднання і роботі мереж. Інтернету речей не існувало б без надійних технологій передачі даних з найвіддаленіших і несприятливих областей в найбільші центри збору даних компаній Google, Amazon, Microsoft і IBM. Словосполучення «Інтернет речей» містить слово «Інтернет», тому необхідно вивчати питання, що стосуються мережних технологій, обміну даними та навіть теорії сигналів. Базова опора Інтернету речей – це не датчики і не програми, а можливість встановити з'єднання (Chudnaia, 2014).

До бездротових IoT мереж/протоколів як правило відносяться протоколи Bluetooth, mesh-мережі, Zigbee, Z-Wave. Для IoT це також Wireless Hart та ISA100. Це яскравий приклад різноманіття бездротових систем зв'язку IoT. Перелік дротових мереж ще більший, оскільки сюди входять усі можливі промислові мережі та протоколи, кожен з яких можна використати в галузі медичного туризму.

Крім PAN використовуються бездротові локальні мережі та системи зв'язку на основі IP-протоколу, включаючи широкий діапазон Wi-Fi-мереж на основі стандартів IEEE 802.11, 6LoWPAN і технології Thread. Нерідко використовуються телекомунікації на основі стільникових стандартів (3G, 4G, LTE, 5G) і нові стандарти, що забезпечують роботу Інтернету речей і міжмашинної взаємодії, такі як Cat-1 і Cat-NB, а також протоколи LoRaWAN і Sigfox, що використовуються саме для IoT з медичного туризму. Для передачі даних від датчиків до Інтернет-простору необхідні дві технології: маршрутизатор-шлюз і опорні інтернет-протоколи, що забезпечують ефективність обміну даними. Маршрутизатор особливо важливий в таких аспектах, як безпека, управління і напрям даних. На цьому рівні використовується ряд протоколів, необхідних для обміну даними між вузлами, маршрутизаторами і хмарними сервісами в межах IoT-систем медичного туризму. Інтернет речей відкрив доступ до нових IoT-протоколів, які виходять на один рівень з традиційними протоколами HTTP і SNMP та застосовуються в медичному туризмі вже кілька років. Для передачі IoT даних потрібні ефективні, енергозберігаючі протоколи з малою затримкою, що здатні легко і безпечно відправляти дані в хмару та з неї.

Можна сміливо стверджувати, що рівень розвитку медичного туризму (разом з іншими найважливішими чинниками) характеризується рівнем розвитку сенсорів IoT. Їх роль в забезпеченні здорового й повноцінного способу життя, в об'єктивнішому, точному і глибокому сприйнятті дійсності, в підвищенні якості і ефективності нашої діяльності важко переоцінити (Rachko, & Fisenko, 2008). Особливо це стосується туризму, медицини, соціальної сфери, високотехнологічних галузей, де ми маємо справу з дуже складними об'єктами, адже оцінювати стан і процеси, в що них відбуваються, тільки "на око", за зовнішніми ознаками вже недостатньо (Loboda, & Kolesnyk, 2003).

Сенсори до того ж – це саме ті пристрої, в яких відбувається загадковий процес "народження інформації" і в яких фізико-хімічні зміни, що відбуваються в реальній дійсності, перетворюються на інформаційні сигнали, що служать основою для здорового й повноцінного життя індивіда, для формування і уточнення моделей об'єктивної дійсності та наших уявлень про неї. По великому рахунку, саме від сенсорів фактично і починається будь-яка розумна модель здорового життя, уся інформатика медичного туризму. Будь-яка розумна система, що

виникла природним чином або створена іншою розумною системою, успішно функціонує і виживає у реальному світі лише тоді і доти, коли і доки вона отримує об'єктивну і якісну інформацію про нього (Kurorty, 1983).

Швидкий розвиток кібернетики, мікроелектронної і оптоелектронної елементної бази інформатики, власне, і самих прикладних галузей знань, зробив можливою побудову нового покоління "розумних" систем психофізіологічної реабілітації для потреб медичного туризму (Verkhovna Rada Ukrainy, 2020).

*Сенсори* – це "пристрої, які доповнюють або замінюють наші органи чуття. Об'єктом спостереження є ті матеріальні об'єкти, процеси та середовище, з якими взаємодіє сенсор, інформацію про які він "приставлений" збирати. Об'єктом спостереження може бути, зокрема, і усе середовище, що оточує сенсор. Для рівня (ватерпаса), наприклад, об'єктом спостереження є плоска поверхня, на якій він встановлений; для радіоприймача об'єктом спостереження є електромагнітне поле; для медичного туризму – людський організм, що знаходиться в безпосередньому контакті з відповідним туристичним середовищем і його медико-реабілітаційними сервісами.

"Користувачем", оцінюючим, розуміючим і застосовуючим сигнали від сенсора може бути людина (медичний турист), інша жива істота, автоматична система управління, регулювання або реєстрації, для яких сигнали від сенсора є "інформацією" про об'єкт спостереження (Tondii, & Vasyliieva-Linetska, 2003). Головними складовими частинами простого сенсора є чутливий елемент і сигналізатор. Реагуючи на ту або іншу дію з боку об'єкту спостереження, чутливий елемент міняє свій стан, а сигналізатор видає зрозумілий користувачеві сигнал. Цей сигнал і є носієм інформації про стан суб'єкту медичного туризму (Samosiuk et al., 2007).

**Портативні звукоаналізатори.** Портативний аналізатор звуку, що бере безпосередню участь у формуванні спеціальних сенсорів IoT для потреб медичного туризму, фірми *Bruel & Kjaer* є двоканальним. Він може швидко розкласти звукові коливання в спектр, який виводить їх на свій дисплей. При цьому він може працювати як з тривалими, так і з короткочасними звуками, а також з механічними вібраціями, записуючи їх до своєї пам'яті. При перевищенні рівня шуму подається сигнал, і мікропроцесор сам складає відповідний протокол. Даний аналізатор є важливим елементом формування та інтерпретації сигналів про ключові параметри життєдіяльності медичного туриста під час проходження ним реабілітації.

Все більше власників мобільних телефонів починають користуватися так званою "*Bluetooth гарнітурою*". Ці невеликі легкі акустичні сенсори кріплять до вуха з метою вивільнення рук від необхідності тримати мобільний телефон, яким можна тепер дистанційно користуватися на відстані до 10-20 м. Цілий ряд гарнітур підтримує сервіс видачі команд, що управляють голосом, голосовий набір номера, а через деякі з них за допомогою голосу можна навіть управляти декількома IoT пристроями медичного туризму, оснащеними інтерфейсом Bluetooth.

Артеріальний тиск – це один з дуже важливих показників фізіологічного стану серцево-судинної системи людини (Kulivnyk, & Tsven, 2016). Всесвітня організація охорони здоров'я затвердила стандарти, відповідно до яких нормальними (допустимими) для дорослої людини вважаються систолічний тиск від 100 до 140 мм рт. ст. і тиск діастолі від 60 до 90 мм рт. ст. Підвищений артеріальний тиск підвищує ризик інсультів, інфарктів (Boksha, & Bohutskyi, 1980). Контроль за артеріальним тиском за допомогою IoT, що якого закладені відповідні стандарти – яскравий приклад застосування цифрових технологій для підтримки належної якості та фізичної активності життя людей, зокрема і в галузі медичного туризму.

**Зображення. Шолом віртуальної реальності.** Сучасні шоломи віртуальної реальності (*HMD-display, head-mounted display, відеошлем*) містять один або кілька дисплеїв, на які виводяться зображення для лівого і правого ока, систему лінз для коригування геометрії зображення, а також систему трекінгу, що відстежує орієнтацію пристрою в просторі. За зовнішнім виглядом вони тепер схожі на окуляри, тому їх все частіше називають *VR headsets* (VR-гарнітури) або просто окуляри віртуальної реальності. Їх можна розділити на три групи,

при чому кожен вид таких приладів має свою сферу застосування в галузі медичного туризму: 1) окуляри, в яких обробку і виведення зображення забезпечує смартфон (Android, iPhone, Windows Phone), що, як правило, забезпечений датчиками, які дозволяють контролювати фізичний та психоемоційний стан людини (Kulivnyk, & Tsven, 2018); 2) окуляри, в яких обробку зображення забезпечує зовнішній високопродуктивний пристрій (ПК, Xbox, PlayStation і т. п.), обладнаний відповідними датчиками; 3) автономні окуляри віртуальної реальності (Lenovo Mirage Solo, спільно з Google, Oculus Quest від Facebook, Samsung Gear VR і ін.), що використовуються як в галузі медичного туризму, так і для забезпечення інших туристичних сервісів.

**MotionParallax3D-дисплеї.** Такі дисплеї задіють властивий людині механізм сприйняття обсягу простору – паралакс (motion parallax). Для цього в кожен момент часу для глядача, виходячи з його положення щодо екрану, генерується відповідна проекція тривимірного об'єкту. Переміщуючись навколо площини, користувач може оглянути її з усіх боків, при цьому всі об'єкти будуть переміщатися один відносно іншого. Явище паралакса багаторазово підсилює сприйняття обсягу простору. На відміну від 3D-кінематографа і 3D-TV, які використовують лише бінокулярний зір, технологія MotionParallax3D дозволяє користувачеві розглянути 3D-простір з усіх боків, нібито всі об'єкти у площині були б реальними. Зсув глядача щодо екрану, що порушує ефект обсягу простору в 3D-кіно, в системі MotionParallax3D ефект тільки підсилює (Kulivnyk, 2025).

Система, що використовує механізм паралакса, повинна вловлювати найдрібніші рухи голови користувача і відстежувати їх з високою швидкістю і точністю, щоб мозок не фіксував спотворення геометрії об'єктів, викликаного запізненням зміни зображення. Затримка повинна складати не більше 20 мс, для інтерактивних ігор - не більше 11 мс. (Danylov, & Tsarfis, 1973). Така технологія активно використовується в медичному туризмі для спостереження за станом здоров'я тих осіб, що потребують постійного нагляду.

Ці пристрої забезпечують, як правило, неповне занурення, оскільки відтворюються на дисплеях і не ізолюють користувача від навколишнього середовища. Виняток – кімнати віртуальної реальності (CAVE – Cave Automatic Virtual Environment). У таких кімнатах на кожну стіну проектується стереоскопічне зображення, розраховане для конкретної точки, в якій і знаходиться користувач сервісів медичного туризму.

**Інформаційні технології.** Серед ІТ, що використовуються в медичному туризмі, доцільно виділити інформаційні рукавички (datagloves), костюми й шоломи віртуальної реальності та ін. Інформаційні рукавички, наприклад, мають датчики, що дозволяють відслідковувати рух зап'ясть і пальців рук. Технічно це може бути реалізовано різними методами: з використанням оптоволоконних кабелів, тензометричних або п'єзоелектричних датчиків, а також електромеханічних пристроїв.

**Костюм віртуальної реальності.** Цей костюм повинен відслідковувати зміну положення всього тіла користувача і передавати тактильні, температурні і вібраційні відчуття, а в комбінації з **шоломом** – зорові і слухові. Для взаємодії з віртуальним середовищем використовуються спеціальні джойстики (геймпади, wands), що містять вбудовані датчики положення і руху, а також кнопки і колеса прокрутки, як у миші. Зараз такі джойстики все частіше роблять безпроводними. Подібні технології використовуються в медичному туризмі для аналізу перебігу процесу та оцінки результатів медичної реабілітації особи.

*Доповнена реальність (AR)* – проектування будь-якої цифрової інформації (зображення, відео, текст, графіка і т. д.) поверх екрану будь-яких пристроїв. В результаті реальний світ доповнюється штучними елементами і новою інформацією. Може бути реалізована за допомогою додатків до звичайних смартфонів і планшетів, окулярів доповненої реальності, стаціонарних екранів, проекційних пристроїв та інших технологій.

*Змішана реальність (MR)* – проектування тривимірних віртуальних об'єктів чи голограм на фізичний простір. Дозволяє переміщуватись навколо віртуального об'єкту, оглядати його з усіх боків і, за потребою, всередині. Вимагає, як правило, спеціального обладнання (окулярів чи шоломів).

Загальна схема створення AR I MR в усіх випадках така: камери відповідних пристроїв знімають зображення реального об'єкта; програмне забезпечення (ПО) проводить ідентифікацію отриманого зображення, поєднує реальне зображення з його доповненням і виводить кінцеве зображення на пристрій візуалізації. При цьому активно використовуються планшети, смартфони, окуляри доповненої реальності, лінзи доповненої реальності. На планшети і смартфони має бути встановлено спеціалізоване ПЗ (Doshchannikov, Kuznietsov, & Doshchannikov, 2007).

*Окуляри доповненої реальності* – це окремих повноцінний пристрій, розроблений безпосередньо для роботи з AR. Вони, почасти, вміють проектувати голограми та інформацію у реальний простір, але не прив'язуються до їх фізичних об'єктів. Фактично, це просто екран перед очима. Найбільш відомі окуляри *Google Glassy SmartEyeglass*. А окуляри *Microsoft HoloLens, Magic Leap One* і *Meta 2* – це вже **окуляри змішаної реальності**, тобто вони дозволяють працювати з віртуальними об'єктами, прив'язаними до реального світу. Подібні технології застосовуються для аналізу і контролю над процесами реабілітації і оздоровлення медичних туристів під час їх перебування в спеціально створених для них лікувальних закладах.

**Спеціальні засоби.** До них відносять, наприклад, спеціалізовані шоломи віртуальної реальності. На скло шолома виводиться необхідна важлива інформація і його власник може сприймати її, не переводячи погляд на панель приладів. В найближчому майбутньому до Інтернету речей в галузі медичного туризму буде підключена велика кількість подібних пристроїв. Так, однією з основних методик оздоровлення та профілактики захворювань туристів є симуляційна реабілітація (Ponomarenko, & Turkovskiy, 2016). Для цього створюються спеціальні центри (тренажери та методики реабілітації), які дозволяють моделювати різні клінічні ситуації.

Спеціально для IoT були створені нові мережі IT для потреб медичного туризму. Поява технології *LoRaWAN* викликало великий резонанс на ринку бездротового зв'язку, що спричинило необхідність прийняти її у якості чи не єдиного стандарту для глобальних мереж з низьким енергоспоживанням – *LPWAN (Low Power Wide Area Network)*. Аббревіатура *LoRa* об'єднує в собі метод модуляції *LoRa* у бездротових мережах *LPWAN*, розроблений *Semtech* та відкритий протокол *LoRaWAN*.

*LoRa (Long Range)* – це технологія і однойменний метод модуляції, що запатентований компанією *Semtech* та заснований на технології розширення спектру (*spread spectrum modulation*) і варіації лінійної частотної модуляції (*chirp spread spectrum, CSS*), за якої дані закодовано широкосмуговими імпульсами з частотою, що збільшується, або зменшується на деякому тимчасовому інтервалі. Таке рішення, на відміну від технології прямого розширення спектра, робить приймач стійким до відхилень частоти від номінального значення та спрощує вимоги до тактового генератора, що дозволяє використовувати недорогі кварцові резонатори. *LoRa* використовує пряму корекцію помилок (*forward error correction, FEC*), працює в субгігерцовому діапазоні частот, отже стає вкрай вадливою для розвитку носимих приладів IoT в галузі медичної реабілітації і туризму. *LoRa* дозволяє демодулювати сигнали на рівні 20 дБ нижче рівня шумів, тоді як більшість систем з частотною маніпуляцією (*frequency shift keying, FSK*) можуть коректно працювати з сигналами на рівні не нижче 8-10 дБ над рівнем шумів. Модуляція *LoRa* визначає фізичний рівень, який може використовуватися в мережах з різними архітектурами: mesh-мережі, зірка, точка-точка та інші.

**Архітектура технології LoRaWAN.** Завдяки своїй високій чутливості (148 dbm) *LoRa* ідеально підходить для пристроїв з вимогами низького споживання електроенергії та високої стійкості зв'язку на великих відстанях. *LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)* – відкритий протокол каналного рівня для мереж з високою ємністю та великим радіусом дії і низьким власним використанням енергії, який *LoRa Alliance* стандартизувала для мереж *LPWAN*. *Архітектура мережі LoRaWAN* складається з таких основних елементів: кінцеві вузли, шлюзи, мережевий сервер, а також сервер додатків. *SigFox* - це технологія, яка приносить нову мережу та інформаційну стратегію IoT. Розробник, група з *Labège*, Франція з однойменною

назвою, *SigFox* – це мережевий оператор, який займається впровадженням *IoT* в індустрію медичної реабілітації і туризму. Архітектура мережі *SigFox* досить сильно схожа на мережі таких стільникових операторів зв'язку як *GSM* та *GPRS*, але являється менш затратною та більш енергоефективною.

**Висновки і перспективи подальших розвідок.** Інноваційний розвиток медичного туризму в цифровому світі заснований на широкому застосуванні технологій штучного інтелекту, цифрових онлайн-платформ та мультимедійних технологій. Особливу роль у формуванні інноваційних сервісних процесів з медичного туризму і курортології відіграє бурхливий розвиток Інтернету речей. Ключову роль у ньому відіграють сенсорні технології, портативних звукоаналізатори, технології віртуальної реальності, IT-пристрої, окуляри доповненої реальності та ряд спеціальних засобів (LoRa (Long Range), LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), SigFox тощо), що використовуються в галузі медичного туризму та курортології. Їх активне застосування в медичному туризмі є основою для перспективних наукових розвідок в даному напрямку.

### Література:

1. BOKSHA, V. H., & BOHUTSKYI, V. H. (1980). *Medychna klimatolohiia ta klimatoterapiia* [Medical climatology and climatotherapy]. Zdorovia. 264 p. (in Ukrainian).
2. CHUDNAIA, R. V. (2014). *Metody pidvyshchennia optymality pryiniattia rishen u medychnii rehabilitatsii* [Methods for improving decision-making efficiency in medical rehabilitation]. Lohos. 248 p. (in Ukrainian).
3. DANYLOV, Y. YE., & TSARFIS, P. H. (Eds.). (1973). *Dovidnyk z kurortolohii ta kurortoterapii* [Handbook of balneology and spa therapy]. Medytsyna. 604 p. (in Ukrainian).
4. DOSHCHANNIKOV, A. V., KUZNIETSOV, A. N., & DOSHCHANNIKOV, D. A. (2007). *Sanatorno-kurortne likuvannia: Navchalno-metodychnyi posibnyk* [Sanatorium treatment: Educational and methodological manual]. Derzhavna medychna akademiia. 56 p. (in Ukrainian).
5. KULIVNYK, V. S. (Ed.). (2021). *Kurortolohiia: Istorychni, orhanizatsiini ta klinichni aspekty* [Balneology: Historical, organizational and clinical aspects]. TsNL. 232 p. (in Ukrainian).
6. KULIVNYK, V. S. (Ed.). (2025). *Pryrodni ta preformovani fizychni faktory v fizychnii ta rehabilitatsiinii medytsyni* [Natural and preformed physical factors in physical and rehabilitation medicine]. Tvory. 200 p. (in Ukrainian).
7. KULIVNYK, V. S., & HLADKYI, O. V. (2022). *Osnovy medychnoi informatsiologhii ta yii vykorystannia dlia formuvannia konkurentospromozhnoho produktu v haluzi ozdorovchoho turyzmu* [Fundamentals of medical informatology and its use in forming a competitive product in health tourism]. In L. Yu. Matviichuk, Yu. M. Barskyi, & M. I. Lepkyi (Eds.), *Perspektyvy rozvytku turyzmu v Ukraini ta sviti: upravlinnia, tekhnolohii, modeli* (pp. 169-184) [Prospects for tourism development in Ukraine and the world: management, technologies, models]. VIP Lutsk NTU. (in Ukrainian).
8. KULIVNYK, V. S., & TSVEN, P. V. (2016). *Rekreatsiinyi potentsial parku sanatoriuu "Avanhard" ta shliakhy yoho optymizatsii* [Recreational potential of the "Avangard" sanatorium park and ways of its optimization]. In *Medychna nauka ta medychna praktyka v Ukraini: problemy rozvytku ta vzaiemodii* [Medical science and practice in Ukraine: problems of development and interaction]. Mizhnarodnyi humanitarnyi universytet. 136 p. (in Ukrainian).
9. KULIVNYK, V. S., & TSVEN, P. V. (2018). *Otsinka perspektyv sanatoriuu "Avanhard" shchodo nadannia posluh z likovalno-ozdorovchoho turyzmu* [Assessment of prospects of the "Avangard" sanatorium for providing health tourism services]. In *Novi dosiahnennia v haluzi medychnykh ta farmatsevychnykh nauk* [New achievements in medical and pharmaceutical sciences]. Pivdennyi fond medytsyny. 112 p. (in Ukrainian).

10. *Kurorty*, (1983). *Entsyklopedychnyi slovnyk* [Encyclopedic dictionary]. Entsyklopediia. 592 p. (in Ukrainian).
11. LOBODA, M. V., & KOLESNYK, E. O. (Eds.). (2003). *Osnovy kurortolohii* [Fundamentals of balneology]. Kupriianova. 512 p. (in Ukrainian).
12. PONOMARENKO, H. N., & TURKOVSKYI, I. I. (2016). *Biofizychni osnovy fizioterapii* [Biophysical foundations of physiotherapy]. Medytsyna. 176 p. (in Ukrainian).
13. POZHYDAIEV, V. V. (Ed.). (2006). *Fizioterapiia. Orhanizatsiia roboty fizioterapevtychnykh kabinetiv* [Physiotherapy. Organization of physiotherapy departments]. Kupriianova. 320 p. (in Ukrainian).
14. RACHKO, V. I., & FISENKO, L. I. (Eds.). (2008). *Sanatorii. Marketynh. Medychna diialnist* [Sanatorium. Marketing. Medical activity]. Kupriianova. 496 p. (in Ukrainian).
15. SAMOSIUK, I. Z., LYSENIUK, V. P., FISENKO, L. I., & ZOZULIA, I. S. (2007). *Medychna reabilitatsiia: Suchasni standarty, testy, shkaly ta kryterii efektyvnosti* [Medical rehabilitation: Modern standards, tests, scales and effectiveness criteria]. Kyivskiy universytet. 264 p. (in Ukrainian).
16. TONDII, L. D., & VASYLIEVA-LINETSKA, L. YA. (2003). *Rekomendovani standarty sanatorno-kurortnoho likuvannia* [Recommended standards of spa treatment]. Kupriianova. 72 p. (in Ukrainian).
17. *Verkhovna Rada Ukrainy*. (2020). *Pro reabilitatsiiu v sferi okhorony zdorovia* [On rehabilitation in healthcare] (Law No. 1053-IX). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20> (in Ukrainian).

## ANNOTATION

### **Chapter 1. ANTHROPOCENTRIC ORIENTATIONS IN THE DIGITAL PARADIGM OF CONTEMPORARY EDUCATION**

#### **1.1. Oleksandra Mandych. DIGITAL ENVIRONMENT OF BUSINESS FINANCIAL MANAGEMENT AND ANALYTICAL SOLUTIONS**

The article examines the development of business financial management in a digital environment. The interpretation of the financial management system as an environment where data on sales, payments, expenses, debt, inventories and risks are transformed into decisions on liquidity, budget, margin, capital and internal control is proposed. The focus is on those digital tools that are directly related to financial solutions: Internet access, e-commerce, web resources, ERP, CRM, EDI, cloud services, Big Data, BI solutions, and artificial intelligence. It is shown that Ukrainian business has a developed basic digital foundation, which is confirmed by the dynamics of the surveyed enterprises that had access to the Internet. It is determined that internal financial digitalization is developing unevenly, in particular, in terms of the use of such tools as ERP systems, CRM, BI solutions, and artificial intelligence. This gap between network connectivity and financial and analytical use of data forms the main problem for financial management. The following areas of digital development are proposed: financial data and access; digital revenue channels; ERP, CRM, EDI process systems; Big Data and BI analytics; safe use of AI. It is substantiated that the benefit of digital solutions arises not from the number of services, but from the ability of the enterprise to transform data into payment discipline, cash flow forecast, cost control and profitability decisions.

#### **1.2. Iryna Shymkova, Svitlana Tsvilyk, Vitalii Hlukhaniuk. IMPLEMENTATION OF STEAM PROJECTS THROUGH CLOUD SERVICES IN TECHNOLOGY TEACHER PREPARATION IN HIGHER PEDAGOGICAL EDUCATION**

This article establishes a methodology for developing a cloud-based educational environment for technology teacher preparation and evaluates the effectiveness of STEAM projects focused on students' creation of author dolls. The study examined the implementation of the Canva platform within a cloud-based environment built on Google services for content delivery and learning process monitoring. This system demonstrated significant efficacy in enhancing individual and group project-based learning. Assessment of STEAM projects revealed predominantly high student achievement across multiple criteria: material utilization, artistic design, innovative creativity, style development, and incorporation of regional ornamental traditions. The group STEAM project comprised five sequential phases: team formation, ideation, design conceptualization, practical execution, and results presentation. Key features of the implementation included integrated content delivery, collaborative cloud communication, and interactive methodological approaches such as design thinking and brainstorming. The research methodology incorporated theoretical and empirical approaches, including analysis of psychological and pedagogical literature, review of student outputs, and pedagogical experimentation.

### **1.3. Henadz Zhylevich. THE INFORMATIONAL WORLDVIEW AS A NEW FORM OF UNDERSTANDING REALITY: AN ATTEMPT AT INTERPRETATION FROM THE PERSPECTIVE OF DILTHEY AND JASPERS**

The article analyzes the concept of the informational worldview as one of the characteristic forms of contemporary thinking about reality. The starting point is the assumption that the development of information technologies transforms the ways in which the world and the human place within it are understood. The paper argues that the informational worldview is related to the tradition of naturalism, yet cannot be fully reduced to it. Particular attention is given to the category of information as a fundamental element in describing reality within this framework. The study also examines the relationship between the informational worldview and the classical typologies of worldviews proposed by Wilhelm Dilthey and Karl Jaspers. It is shown that this relation is not one of contradiction but of differing perspectives. The article concludes that the informational worldview not only describes reality but also co-creates the conditions of its understanding.

### **1.4. Nelly Bondarenko, Serhii Kosianchuk. THE EVOLUTIONARY TRIUNITY OF UKRAINIAN EDUCATION: INSTRUCTION ↔ UPBRINGING ↔ DEVELOPMENT**

The paper substantiates the concept of the triune unity of instruction, upbringing, and development as an integral foundation of contemporary Ukrainian education operating under conditions of digitalization, increasing uncertainty, and the growing significance of value orientations. It elucidates the transition from a knowledge-based to a competency-based paradigm, within which knowledge is regarded as an instrument of meaningful activity, and the educational process is oriented toward fostering the capacity for choice, action, and responsibility. The potential of modern didactic approaches – such as the use of artificial intelligence as an interlocutor, values analysis, the modeling of situations involving uncertainty, and others – is analyzed as a means of integrating the cognitive, axiological, and activity-based components of education. It is demonstrated that their systematic implementation contributes to the development of critical thinking, prognostic skills, adaptability, and the capacity for self-directed learning. Particular attention is paid to the idea of education as a self-developing system, in which the interconnected processes of understanding, choice, action, and transformation form a continuous cycle of personal growth. The metaphor of the «trident» is substantiated as a symbol of the harmonious interaction of instruction, upbringing, and development, ensuring not only the acquisition of knowledge but also the formation of values and the unfolding of an individual's inner potential throughout life.

### **1.5. Oleksandr Kolyshkin. METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR THE USE OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION FOR INDIVIDUALS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES**

This article examines current trends in the development of volunteer activities aimed at supporting individuals with special educational needs in the context of the information society. A theoretical analysis of the nature of volunteering as a socio-pedagogical phenomenon is conducted, and its role in ensuring the accessibility of educational services and promoting the social integration of this group of individuals is identified. Effective models for organizing volunteer activities are identified, taking into account inclusive approaches and contemporary social challenges. The significance of volunteering as a vital resource for improving the quality of education and fostering an inclusive educational environment is substantiated. The findings of this study can be applied in the practical organization of volunteer programs, as well as in the training of professionals in the social and educational sectors.

### **1.6. Svitlana Kotliarenko, Yuliia Balakhovska, Hanna Strohanova. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ШІ У ВИВЧЕННІ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ТА ЛІТЕРАТУРИ**

In the modern world, the rapid development of digital technologies, in particular artificial intelligence (AI), opens up new opportunities in the field of education, including learning language and literature. The article discusses the main advantages of using AI in the educational process: personalization of learning, adaptation to the individual pace of students, instant feedback, wide access to interactive educational materials, as well as increasing motivation for learning through the use of game elements and virtual assistants. AI-powered tools can help pupils learn grammar, spelling, vocabulary, and improve their speaking skills in an interactive way. However, the study points to a number of methods for literature learning, too. There is also a threat of a reduction in the role of the teacher, which may negatively affect the formation of a linguistic personality. In conclusion, the article emphasized that AI can be an effective tool in learning language and literature, but its use must be conscious, pedagogically justified, and balanced. The greatest effect can be achieved by combining traditional teaching methods with innovative technologies.

### **1.7. Kateryna Petrovska, Anton Serdiuchenko. THE DIGITALIZATION OF EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE FORMATION OF AN INFORMATION SOCIETY: CHALLENGES AND PROSPECTS**

The article examines the process of digitalization in higher education as a component of the strategic modernization of Ukraine's educational system. It analyzes the impact of digital technologies on the transformation of the learning process, organizational structures, and management practices of educational institutions. The main stages of digitalization are highlighted – from the initial implementation of technologies to integrated digital administration and the intellectual transformation of the educational environment. Special attention is given to the development of digital competencies for students and teachers, the personalization of learning, and the use of innovative technologies, including VR/AR, cloud platforms, and big data analytics. The advantages of digitalization, such as increased accessibility, interactivity, and learning efficiency, as well as challenges – technological limitations, data security, and motivational aspects – are discussed. The importance of a systemic and strategic approach to integrating digital solutions in higher education institutions is emphasized to foster competitive specialists and an adaptive digital environment.

### **1.8. Oksana Polianska, Igor Polianskyi, Olha Hulaha, Inna Moskaliuk. THE ROLE OF RESILIENCE IN THE LEARNING OF MEDICAL STUDENTS**

Stress tolerance, as the ability to effectively tolerate stress, is a key part of the characteristics of future medical professionals. A high professional level of a medical worker also requires a high level of communication, which allows maintaining contacts and connections between people, which makes it possible to exchange information. An important trait of a future medical professional is resilience, as the ability to cope with difficult life situations and events and the ability to quickly recover from stress. To build and improve the resilience of future healthcare professionals, it is necessary to make decisions quickly, deal with difficulties, be focused on your goals, leaving time for rest, recognize that you cannot always change the situation, but you can change your perception of it, remind yourself that everyone deserves care and support.

### **1.9. Dmytro Rosenko. DANCE-MOVEMENT THERAPY AS A MEANS OF PSYCHOLOGICAL REHABILITATION AFTER A TRAUMATIC EXPERIENCE**

The article examines the impact of dance movement therapy on the psychological recovery of individuals who have experienced traumatic events. It has been established that this therapy uses movement and dance as effective means of supporting mental health, contributing to the harmonization of emotional and physical states. It is proven that the body acts as an active mediator of experiences, through which a person becomes aware of, expresses, and transforms their emotions. The study shows that dance practices activate the integrated interaction of mental and bodily processes. The main therapeutic mechanisms identified include emotional release through movement, reduction of anxiety levels, reinterpretation of traumatic experiences, development of a sense of self-control, and enhancement of social interaction in group settings. Additionally, improvements in physical condition contribute to overall psychological well-being and emotional stability.

### **1.10. Alla Saltykova, Dmytro Saltykov, Yurii Shkurdoda. DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE PHYSICS TEACHERS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION**

The article addresses the issue of developing information and digital competence of future physics teachers in the context of digital transformation of education. The regulatory framework for the development of digital competence in Ukraine, as well as international frameworks (DigComp, DigCompEdu) defining current requirements for teacher training, are analyzed. The essence of information and digital competence is clarified as an integrative characteristic of professional activity of a physics teacher, and its structure (motivational, cognitive, activity-based, and reflective components) is characterized.

The role of digital technologies, including virtual laboratories, computer simulations, mobile applications, and cloud services, in enhancing the effectiveness of physics teaching is determined. The expediency of applying the STEM approach and interdisciplinary integration as means of developing information and digital competence is substantiated. The pedagogical conditions, directions, and models of its formation in higher education institutions are outlined. The main challenges that hinder the effective development of digital competence of future physics teachers are identified, and ways to overcome them are proposed.

## **Chapter 2. THE DIGITAL ECONOMY, MANAGEMENT, AND INNOVATIVE LEADERSHIP MODELS**

### **2.1. Liudmyla Bazyl, Valerii Orlov, Mykola Pryhodii. ASSESSMENT OF POSITIVE DEVELOPMENTS IN VOCATIONAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL ECONOMY AND INFORMATION SOCIETY**

This article examines positive shifts in vocational education in the context of the digital economy and information society. The study analyzes the integration of digital technologies, the development of digital competencies among students and teachers, the modernization of educational programs, and collaboration with business. A mixed-methods approach was applied, including quantitative analysis, comparative research, and case studies. The results show that the implementation of online platforms, VR/AR technologies, micro-credentials, and dual education enhances graduates' adaptability, their readiness for the digital labor market, and the effectiveness of educational programs. Recommendations for public policy, educational institutions, and business to optimize workforce training are outlined.

## **2.2. Arkadiusz Banasik, Aleksandra Czupryna-Nowak, Joanna Chwał, Agnieszka Szostak, Radosław Dzik, Ewaryst Tkacz. AI-ENHANCED PUBLIC VALUE MANAGEMENT IN HEALTHCARE: FROM FUZZY TRIAGE TO MULTI-CRITERIA POLICY OPTIMIZATION**

Healthcare systems in a public setting face decisions under uncertainty on both operational and strategic levels. For a hospital it is essential to provide honest and fair treatment to its patients in an efficient way. For the government the challenge is to develop the best possible health policies in terms of outcome, feasibility and acceptance. In this paper an AI-supported public value management framework is proposed and applied to two cases. First, to priority decisions in emergency department triage in dynamic situations in highly congested hospitals and/or mid-level healthcare organizations. Second, to the settings of tobacco-control policies by applying epidemiological models and a Multi-MOORA decision analysis in order to rank public health interventions. Integration of Data–Information–Knowledge–Value (DIKV) chain with explainable artificial intelligence (xAI) has the promise to improve healthcare governance, efficiency and governance legitimacy. Interpretable AI solutions can facilitate data-driven decision making processes without undermining accountability in public organizations, (Banasik et al., 2025; Chwał et al., 2026).

## **2.3. Oksana Blyzniuk, Halyna Lysak, Olena Zhyliakova. DIGITAL TRANSFORMATION OF FINANCIAL MANAGEMENT SYSTEMS WITH THE INVOLVEMENT OF INNOVATIVE TOOLS**

The article examines the digital transformation of the financial management system as a transition from document-based accounting and periodic reporting to data-driven management, forecasts, internal control and risk assessment. The focus is on cloud ERP/EPM systems, robotic process automation, artificial intelligence, machine learning, analytics, visualization and digital payment infrastructure. The empirical basis is formed on data from OECD, Eurostat, EIB, BCG, ACCA/IFAC and the National Bank of Ukraine. It is proven that the practical benefit of digital tools in financial management depends on the data architecture, internal control rules, risk management and the ability of financial systems to transform digital results into management decisions. The results obtained are suitable for preparing programs for the modernization of financial management at enterprises and institutions.

## **2.4. Odarka Chabaniuk, Iryna Bernatska, Nataliia Loboda. INNOVATIVE MANAGEMENT AND TRANSFORMATION OF ACCOUNTING AND TAXATION SYSTEMS IN THE DIGITAL ECONOMY**

The article explores the role of innovative management in the transformation of accounting and taxation systems in the context of the digital economy. It examines the main trends in the digitalization of economic processes that affect management efficiency, transparency of financial flows, and enterprise competitiveness. Special attention is paid to the impact of digital technologies on the automation of accounting procedures, electronic document management, integration of information systems, and the improvement of tax administration. The role of innovative management in shaping digital development strategies, managing changes, and mitigating risks arising during the transformation process is analyzed. The article highlights challenges in implementing digital solutions, including insufficient digital competencies of personnel, high innovation costs, information security risks, and gaps in the regulatory framework. At the same time, prospects for development are outlined, including the implementation of artificial intelligence, blockchain technologies, and digital public administration, which create conditions for enhancing the efficiency of accounting and taxation systems and contribute to the sustainable development of the national economy.

## **2.5. Roman Chernysh, Liudmyla Andrieieva, Vitalii Serbyn. FEATURES OF POPULATION PREPAREDNESS FOR EMERGENCY SITUATIONS**

The article examines the features of preparing the population for actions in emergency situations in the context of the information society. The factors influencing citizens' readiness for self-protection, mutual assistance and organized response are summarized, including awareness of threats, level of training, practical experience, psychological resilience, effectiveness of alert systems, trust in official information, availability of protective equipment and involvement of territorial communities. Educational-information, practical, communication and technological forms of population preparedness are characterized. The role of digital technologies, alert systems and information interaction in shaping citizens' safe behavior is revealed.

## **2.6. Vasyl Gorbachuk, Andrii Kamuz, Liliia Tovstenko. ALGORITHMIC CONTRACTS**

As the scale of classical contract theory applications becomes increasingly data-driven, the tools of contract theory are becoming increasingly important for the development of incentive-aware algorithms. At the same time, the development of algorithms puts forward a new toolkit for the justification of contracts, ranging from additional tools for studying trade-offs between simple and optimal contracts, in the terminology and methodology for discussing the computational complexity of contracts in combinatorial settings, to formal tools for the analysis of data-driven contracts. Of note is the introduction of the basic concepts of contract theory into the language of computer science, which is called algorithmic contract theory. This approach highlights the potential for interdisciplinary interaction.

## **2.7. Volodymyr Konoval, Iryna Melnyk, Vladyslav Lomakin. SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ENGINEERING PROTECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS AGAINST CASCADING ACCIDENTS**

The paper substantiates a methodology for selecting engineering countermeasures to protect nuclear power plants from cascading accidents. The critical functions of a nuclear power plant, the disruption of which may cause the sequential spread of an accident process, are identified. These include cooling, power supply, containment, radiation monitoring, communication, control, physical protection, and the functioning of adjacent infrastructure. An algorithm for the integrated selection of countermeasures is proposed, which includes threat identification, system vulnerability assessment, development of cascading accident scenarios, selection and comparison of measures, formation of an integrated decision, and its subsequent adjustment. Groups of countermeasures and criteria for their comparison are systematized, taking into account technical, radiation, digital, environmental, and infrastructure-related factors.

## **2.8. Roman Maiboroda, Iryna Rudeshko, Oleksandr Sipko. SCIENTIFIC APPROACHES TO THE RESTORATION OF DAMAGED BUILDINGS CONSIDERING THEIR RESIDUAL SERVICE LIFE**

The article analyzes scientific approaches to assessing the technical condition and residual service life of damaged buildings. The factors that change the behavior of building structures are considered, including operational wear, natural and engineering-geological processes, technological accidents, fire and high-temperature exposure, blast loads, and war-related damage. Methods of visual inspection, instrumental diagnostics, non-destructive testing, calculation-based verification of load-bearing capacity, and monitoring are summarized. It is substantiated that the residual service life of a damaged building should be assessed considering the actual technical condition of structures, their residual load-bearing capacity, the nature of damage, and the forecast of its further development. The sequence of engineering decision-making regarding further operation, repair, strengthening, reconstruction, restricted operation, or demolition of damaged buildings is systematized.

## **2.9. Olena Shevchenko, Svitlana Shcherbinina. THE TRANSFORMATION OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES UNDER THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

This article examines the theoretical foundations and practical aspects of the transformation of small and medium-sized enterprises (SMEs) under the influence of artificial intelligence (AI) technologies. Based on the integration of the technological-organisational-environmental (TOE) model, the diffusion of innovations (DOI) theory and the resource-based view (RBV), it is argued that the success of AI implementation depends on organisational readiness, strategic leadership and contextual factors. The key areas of application of AI technologies in the business processes of SMEs have been systematised: automation of operational activities, personalisation of marketing communications, optimisation of supply chain management and predictive analytics. It has been demonstrated that a systematic approach to integrating AI technologies into SME operations enables the achievement of a sustainable economic effect, manifested in reduced operational costs, increased productivity, higher conversion rates, as well as enhanced competitiveness, innovation and market resilience. The practical experience of Ukrainian companies in using AI technologies has been analysed, confirming the practical nature and growing prevalence of intelligent technologies in the small and medium-sized enterprise sector. It has been established that the process of integrating artificial intelligence into the activities of SMEs is accompanied by a number of systemic constraints, the key ones being insufficient data quality and structure, technological incompatibility with existing information systems, limited financial resources, a lack of digital skills among staff, as well as heightened cybersecurity risks and uncertainty in the regulatory and legal framework. The paper justifies the need for a comprehensive, phased approach to the integration of AI technologies into the operations of SMEs in Ukraine, which takes into account technical, organisational, human and legal aspects and provides for the development of digital skills, improved data management and systematic risk control.

## **2.10. Valentyna Yuskovych-Zhukovska. THE IMPACT OF GROUP DYNAMICS ON THE EFFECTIVENESS OF PROGRAMMERS' TEAMWORK**

The study characterizes the features of group dynamics in software development teams. The main elements of group interaction are considered, and their impact on the effectiveness of the development process in IT teams is determined. A mathematical model for calculating (assessing) the effectiveness of group dynamics in programmers' teamwork is proposed. It is substantiated that optimizing interaction among team members contributes to increased productivity in writing program code, a reduction in errors, and improved quality of computer software.

## **Chapter 3. SECTORAL DIMENSIONS OF DIGITALIZATION: TOURISM, SPORT, AND IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CULTURE**

### **3.1. Olha Lukovska, Mariana Pelekh. DIGITAL PAINTING IN ART EDUCATION**

The article examines the role of digital painting as an integral component of contemporary art education, particularly in the professional training of graphic artists and book designers. It explores how traditional academic methods are changing in the digital age, emphasizing the need to harmonize technological tools with artistic integrity. The study identifies the structure of digital competencies, encompassing prepress preparation, experimental form-making, and critical visual literacy. Special attention is given to the challenges of the era of generative artificial intelligence algorithms and the risks of losing the "materiality" of the artistic image. The article proposes the concept of a hybrid educational model in which digital technologies function as a resonator of the individual artistic idea.

### **3.2. Tetiana Lysiuk, Yurii Biletskyi, Larysa Royko. THE DIGITAL TRANSFORMATION OF SIGHTSEEING TOURISM IN THE VOLYN REGION: INNOVATIVE APPROACHES AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT**

This paper examines the nature and classification of digital innovations in sightseeing tourism, as well as the key aspects of the digital transformation of the tourism industry.

It has been established that the Volyn region has significant potential for the implementation of digital solutions in the field of sightseeing tourism, but requires a systematic approach to their implementation. The role of digital platforms, mobile applications, and augmented and virtual reality technologies in improving the quality of tourism services has been analysed.

An analysis of the level of digitalisation in sightseeing tourism has been carried out, revealing a positive trend in the implementation of innovations. Directions for improving guided tour activities based on digital technologies, automation and personalisation of services are proposed.

### **3.3. Mariia Nazarkevych, Vasyl Lytvyn, Oleksii Kuziv. DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MERGING DATA INTO A SINGLE REPRESENTATION SPACE THAT PRESERVES SEMANTIC INFORMATION**

Multimodal artificial intelligence involves working with various types of data, including images, text, and sensor signals. It encompasses the stages of feature engineering – feature extraction, combination, and fusion – as well as decision-making mechanisms, such as majority voting. As neural network architectures develop, multimodal models are becoming more complex and capable of integrating feature extraction, integration, and decision-making processes within a single system. Consequently, the boundaries between these stages are gradually becoming blurred, enabling the development of more efficient and coherent models. Modern approaches to multimodal data processing can be divided into five main categories: encoding-decoding, attention-based, graph neural networks, generative models, and constraint-based methods. In this research, multimodal data is considered from the perspective of its transformation and combination in three key areas: computer vision data processing, video and text analysis, and visual data integration with sensory signals. Accordingly, the following applied tasks are formulated: the automatic generation of video subtitles and object detection.

### **3.4. Kseniya Vatamanica, Marina Yevdokimova, Galyna Nagayeva. DIGITAL DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FINANCIAL MANAGEMENT IN THE INSURANCE SECTOR**

The article examines digital directions for the development of financial management in the insurance sector, with special attention to Ukrainian insurers operating under wartime pressure, regulatory renewal and growing demand for remote financial services. The study treats insurance finance as a specific management system in which premium flows, claims payments, technical reserves, acquisition costs, reinsurance, solvency capital and investment assets must be connected with operational data. The paper argues that digital development in insurance finance is not limited to online sales or customer applications. Its practical meaning appears in actuarial pricing, claim reserving, solvency monitoring, cash-flow planning, fraud detection, regulatory reporting, reinsurance analytics and investment risk control. The empirical basis includes the National Bank of Ukraine's data on the non-bank financial sector, supervisory statistics, McKinsey reports on insurance and IT modernization, EIOPA's report on insurance digitalisation, IAIS materials on FinTech and artificial intelligence supervision, and Ukrainian insurance legislation. The article identifies five digital directions: data architecture for financial and actuarial decisions; digital underwriting and product profitability management; claims analytics and reserve control; API-based distribution and cash-flow management; artificial intelligence governance and cyber resilience. The paper also shows that the Ukrainian insurance market has entered a new stage of financial discipline: by the end of 2024 all insurers met solvency capital and minimum capital requirements, while the sector remained concentrated and continued to adapt to a new regulatory model. The proposed approach can be used by insurers, intermediaries, regulators and researchers for designing financial management modernization programs in insurance companies.

### **3.5. Oleksandr Dubovoi, Olena Shynkarova, Volodymyr Dubovoi. GAMIFICATION AND DIGITALIZATION OF MASS SPORTS AS A FACTOR IN ENGAGING THE POPULATION IN PHYSICAL ACTIVITY**

The article explores the theoretical and practical aspects of mass sports transformation in the context of global society informatization. The role of gamification as an innovative tool for increasing motivation and engagement of various population groups in systematic physical culture activities is analyzed. The functionality of modern digital platforms (Strava, Nike Run Club, BetterMe) and Ukrainian initiatives, such as "Active Parks," is considered in the context of creating an interactive leisure and recreational environment. The influence of artificial intelligence and educational simulators on the formation of professional competence of future specialists in the field is determined. Key socio-pedagogical challenges of digitalization, including the digital divide and data security issues, are highlighted. It is proved that the integration of game mechanics combined with physical state monitoring allows adapting traditional sports training methods to the demands of the modern digital society.

### **3.6. Orest Khamula, Yaroslav Uhryn, Solomiia Dorosh. AR/VR TECHNOLOGIES IN ART AND PUBLISHING: FROM PRINTED MEDIA TO IMMERSIVE EXPERIENCE**

The article examines the prospects of augmented reality and virtual reality technologies in printing and art. The study summarizes the technological foundations of AR/VR, analyzes their integration into printed products, art books, exhibition catalogs, packaging, museum communication, immersive installations and digital curation. Special attention is paid to the transformation of the printed publication into a hybrid media product, in which the physical carrier performs not only an informational but also an interface function. The practical possibilities of marker-based AR for books and printed graphics, the role of mobile frameworks and cross-platform tools, and the influence of AR/VR on the reception of artworks, audience engagement and the development of new exhibition formats are considered. The article also outlines technological, economic, editorial and ethical limitations, including production cost, compatibility of devices, visual overload, copyright issues and the need for meaningful integration of immersive layers into the publication. It is argued that the most promising directions for the near future are educational and popular science editions, interactive museum publications, artistic print projects and premium packaging, while the main condition for effectiveness is the combination of technological feasibility, design coherence and communication value.

### **3.7. Olena Shynkarova, Vitaliy Lapitskyi, Serhii Shynkarov. INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF TRAINING PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SPECIALISTS**

The article reveals the peculiarities of the transformation of physical culture and sports in the conditions of global informatization of society. The role of innovative digital tools, in particular artificial intelligence, educational simulators, and mobile-oriented fitness technologies, in the system of future specialists' preparation is analyzed. The components of digital readiness of higher education applicants and their influence on the formation of a health-preserving environment in higher education institutions are determined. The necessity of transitioning from traditional teaching methods to personalized digital strategies based on Big Data analysis and automated monitoring of physical condition indicators is substantiated. It is proved that digitalization serves as a strategic resource for optimizing the training process and improving the quality of professional activity in the modern sports industry.

### **3.8 Natalia Silicheva. AN ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SMART TOURISM IN TOURISTIC CLUSTERS**

The article examines the process of implementing the smart tourism concept within tourism clusters as a tool for enhancing their competitiveness and sustainable development. It analyses key approaches to the formation of smart destinations, as well as the role of digital technologies, the Internet of Things, big data, and platform-based solutions in transforming tourism infrastructure. Particular attention is paid to the interaction among cluster stakeholders, including government authorities, businesses, and local communities, as well as the impact of innovations on the quality of tourism services and customer experience. The study identifies key advantages and challenges of implementing smart solutions, including issues of cybersecurity, investment support, and digital literacy. The findings can be used to develop strategies for the development of tourism clusters in the context of economic digitalization.

### **3.9. Tetiana Tkachenko, Oleksandr Hladkyi, Volodymyr Kulivnuk. FEATURES OF MEDICAL TOURISM INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE DIGITAL WORLD**

The features of medical tourism innovative development in the digital world are revealed. The role of the Internet of Things (IoT) in the formation of innovative service processes of medical rehabilitation within the framework of medical tourism and balneology is investigated. The role of sensor technologies, portable sound analyzers, virtual reality technologies, IT, augmented reality glasses and a number of special tools (LoRa (Long Range), LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), SigFox, etc.) in the development of medical tourism in the digital world is analyzed.

## ABOUT THE AUTHORS

### Chapter 1. ANTHROPOCENTRIC ORIENTATIONS IN THE DIGITAL PARADIGM OF CONTEMPORARY EDUCATION

**1.1. Oleksandra Mandych** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

**1.2. Iryna Shymkova** – Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

**Svitlana Tsvilyk** – Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

**Vitalii Hlukhaniuk** – Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

**1.3. Henadz Zhylevich** – The John Paul II Catholic University of Lublin, Lublin, Poland

**1.4. Nelly Bondarenko** – Institute of Pedagogy of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Serhii Kosianchuk** – Kyiv Gymnasium of Oriental Languages No. 1, Kyiv, Ukraine

**1.5. Oleksandr Kolyshkin** – Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine

**1.6. Svitlana Kotliarenko** – Dragomanov State Ukrainian University, Kyiv, Ukraine

**Yuliia Balakhovska** – Dragomanov State Ukrainian University, Kyiv, Ukraine

**Hanna Strohanova** – Dragomanov State Ukrainian University, Kyiv, Ukraine

**1.7. Kateryna Petrovska** – Berdyansk State Pedagogical University, Zaporizhzhia, Ukraine

**Anton Serdiuchenko** – Berdyansk State Pedagogical University, Zaporizhzhia, Ukraine

**1.8. Oksana Polianska** – Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Igor Polianskyi** – Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Olha Hulaha** – University in Opole, Opole, Poland

**Inna Moskaliuk** – University in Opole, Opole, Poland

**1.9. Dmytro Rosenko** – Yuriy Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine

**1.10. Alla Saltykova** – Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine

**Dmytro Saltykov** – Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine

**Yurii Shkurdoda** – Sumy State University, Sumy, Ukraine

## **Chapter 2. THE DIGITAL ECONOMY, MANAGEMENT, AND INNOVATIVE LEADERSHIP MODELS**

- 2.1. Liudmyla Bazyl** – Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**Valerii Orlov** – Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**Mykola Pryhodii** – Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine
- 2.2. Arkadiusz Banasik** – Academy of Silesia, Katowice, Poland  
**Aleksandra Czupryna-Nowak** – Silesian University of Technology, Gliwice, Poland  
**Joanna Chwał** – Academy of Silesia, Katowice, Poland  
**Agnieszka Szostak** – Academy of Silesia, Katowice, Poland  
**Radosław Dzik** – Academy of Silesia, Katowice, Poland  
**Ewaryst Tkacz** – Academy of Silesia, Katowice, Poland
- 2.3. Oksana Blyzniuk** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**Halyna Lysak** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**Olena Zhyliakova** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
- 2.4. Odarka Chabaniuk** – Lviv University of Trade and Economics, Lviv Research Institute of Forensic Expertise of the Ministry of Justice of Ukraine, Lviv, Ukraine  
**Iryna Bernatska** – Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzytsky, Lviv, Ukraine  
**Nataliia Loboda** – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
- 2.5. Roman Chernysh** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**Liudmyla Andrieieva** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**Vitalii Serbyn** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
- 2.6. Vasyl Gorbachuk** – V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**Andrii Kamuz** – V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**Liliia Tovstenko** – V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
- 2.7. Volodymyr Konoval** – Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine  
**Iryna Melnyk** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**Vladyslav Lomakin** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
- 2.8. Roman Maiboroda** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**Iryna Rudeshko** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine  
**Oleksandr Sipko** – National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
- 2.9. Olena Shevchenko** – National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine  
**Svitlana Shcherbinina** – National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine
- 2.10. Valentyna Yuskovych-Zhukovska** – Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities, Rivne, Ukraine

### **Chapter 3. SECTORAL DIMENSIONS OF DIGITALIZATION: TOURISM, SPORT, AND IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CULTURE**

- 3.1. Olha Lukovska** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**Mariana Pelekh** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
- 3.2. Tetiana Lysiuk** – Lesia Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine  
**Yurii Biletskyi** – Lesia Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine  
**Larysa Royko** – Lesia Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
- 3.3. Mariia Nazarkevych** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**Vasyl Lytvyn** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**Oleksii Kuziv** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
- 3.4. Kseniya Vatamanica** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**Marina Yevdokimova** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**Galyna Nagayeva** – State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
- 3.5. Oleksandr Dubovoi** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine  
**Olena Shynkarova** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine  
**Volodymyr Dubovoi** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine
- 3.6. Orest Khamula** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**Yaroslav Uhryn** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
**Solomiia Dorosh** – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
- 3.7. Olena Shynkarova** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine  
**Vitaliy Lapitskyi** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine  
**Serhii Shynkarov** – Luhansk Taras Shevchenko National University, Lubny, Ukraine
- 3.8. Natalia Silicheva** – Varna Free University „Chernorizets Hrabar“, Varna, Republic of Bulgaria
- 3.9. Tetiana Tkachenko** – State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine  
**Oleksandr Hladkyi** – State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine  
**Volodymyr Kulivnuk** – Vinnytsya National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine

