EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

7th International Scientific and Practical Conference

ACHIEVEMENTS OF SCIENCE AND APPLIED RESEARCH

ISSUE №105

eoss-conf.com

September 14-16, 2026
Dublin, Ireland

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference

"Achievements of Science and Applied Research"

September 14-16, 2026

Dublin, Ireland

Collection of Scientific Papers

Ireland, 2026

UDC 01.1

Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Achievements of Science and Applied Research» (September 14-16, 2026, Dublin, Ireland). European Open Science Space. 2026.

ISBN 979-8-89704-961-5 (series)
DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026

The conference is included in the Academic Research Index ReserchBib International catalog of scientific conferences.

The conference is registered in the database of scientific and technical events of UkrISTEI to be held on the territory of Ukraine (Certificate №559 dated 28.07.2026).

The materials of the conference are publicly available under the terms of the CC BY-NC 4.0 International license.

The materials of the collection are presented in the author's edition and printed in the original language. The authors of the published materials bear full responsibility for the authenticity of the given facts, proper names, geographical names, quotations, economic and statistical data, industry terminology, and other information.

ISBN 979-8-89704-961-5

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

© Participants of the conference, 2026
© Collection of scientific papers, 2026
© European Open Science Space, 2026

CONTENT

Section: Accounting and Taxation

Шкромида В., Грубеляс А.
АНАЛІЗ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ТА РИЗИКУ БАНКРУТСТВА КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА……. 12

Section: Architecture and Construction

Муханбедиярова Б.Ж.
ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО ОРНАМЕНТА КАЗАХСТАНА……. 17

Section: Art History and Literature

Sherbon F., Sherbon O.
BIDIRECTIONAL INTERACTION IN CHILD-REARING WITHIN THE FAMILY, ILLUSTRATED BY HEORHIY POZDNIAK'S HUMOROUS STORY «THE PRECISE ANSWER »...…… 23

Section: Biology and Microbiology

Сауленко К., Піскунова А.
ПАРАКРИННЕ ПЕРЕПРОГРАМУВАННЯ КЛІТИН КІСТКОВОГО МОЗКУ В МОДЕЛЯХ IN VITRO……... 27

Section: Ecology and environmental protection

Balakhanova G.V.
EUTROPHICATION PROCESSES, PHYTOPLANKTON DYNAMICS, AND WATER QUALITY INDICATORS IN THE COASTAL ZONES OF THE CASPIAN SEA……... 29

Balakhanova G.V.
INTEGRATED ECOLOGICAL MANAGEMENT OF WATER RESOURCES UNDER ANTHROPOGENIC PRESSURES IN TRANSBOUNDARY RIVER BASINS…… 42

Sadigova S.A., Guliyeva A.E., Ismayilzade N.N.
INTEGRATING REMOTE SENSING, BIODIVERSITY INDICATORS, AND SCENARIO MODELING FOR CLIMATE-RESILIENT ECOSYSTEM MANAGEMENT…….. 58

Section: Economy

Vasyechko O.
STATISTICAL ISSUES IN THE TEACHING OF RISK MANAGEMENT IN UKRAINE…….. 66

Гнатчук О.
НЕОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЯК КОНТЕКСТ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА…… 70

Світлий Д., Веремеєнко О.
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СКЛАДОВИХ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА……... 74

Чорній Д.О.
РЕГІОНАЛЬНИЙ ВИМІР ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ГАРМОНІЗАЦІЇ РИНКОВИХ ІНТЕРЕСІВ…… 75

Hoichuk V.
FROM HUMAN CAPITAL ASSESSMENT TO DEVELOPMENT PLANNING IN THE DIGITAL ECONOMY: A CONCEPTUAL FRAMEWORK…….. 79

Голубкін С.
ЕКОСИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ…….. 83

Гарбажій К.С.
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ПРОДУКЦІЇ……. 86

Шалений В.А.
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ТА КРИЗОВИХ ВИКЛИКІВ……... 90

Melnychuk D.
HOMEOSTASIS OF HUMAN CAPITAL FOR REALIZATION IN THE ECONOMIC SPHERE: AN EMERGENT-ENDOGENOUS CONCEPT… 94

Жигилій О.Г.
ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ФОРМУВАННЯ ЕКСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ……. 96

Власенко О.А.
СТРАТЕГІЯ ЖИТЛОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ: ПРИНЦИПИ ВВВ, БЕЗПЕКА ТА ІНСТИТУЦІЙНА СТІЙКІСТЬ……. 100

Антонюк М.
БАГАТОРІВНЕВЕ ВРЯДУВАННЯ ЯК МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ……... 103

Section: Finance and Banking

Гонгало С.
КОМПЕНСАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗАХИСТУ ІНВЕСТОРІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФІНАНСОВОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ФОНДОВОГО РИНКУ…….. 107

Section: Geography, Geology and Geodesy

Кириленко А.
ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ГІС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ ГРОМАД…….. 112

Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering

Чистотін О.В.
МЕТОД ФОРМУВАННЯ СЕМАНТИЧНОГО ПРОФІЛЮ РЕПЛІКИ В ДІАЛОГАХ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ 114

Устенко С.А.
НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКОВИХ СТАНІВ ІТ-ПРОЄКТІВ ЗА ДАНИМИ ГНУЧКОЇ РОЗРОБКИ…….. 117

Kalashnyk V., Melnyk G.
MODEL-BASED TESTING OF TCP CONNECTION STATES IN CLIENT–SERVER APPLICATIONS……... 121

Руденко О.В.
ПОДІЄВО-ОРІЄНТОВАНЕ ФОРМУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ ПЛАТІЖНИХ ЗОБОВ'ЯЗАНЬ У ЦИФРОВИХ СЕРВІСНИХ ПЛАТФОРМАХ……... 126

Ревенко П.Г.
МЕТОД ФОРМУВАННЯ ОЗНАКОВОГО ПРОСТОРУ АСИНХРОННИХ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ З КОМПОНЕНТІВ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ……. 130

Section: Jurisprudence

Сирота О.
МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ВТОРИННОМУ РИНКУ У КРИЗОВИЙ ТА ПОСТКРИЗОВИЙ ПЕРІОДИ……. 134

Кулик О.
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ……. 142

Section: Management, Public Administration and Administration

Дерменжи П.М.
ЦІНА ІДЕЇ……. 146

Abbasov F.U.
PUBLIC SERVICE PERFORMANCE MANAGEMENT IN DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES:
A COMPARATIVE INSTITUTIONAL PERSPECTIVE……. 153

Ukrainets V.
TRANSFORMATION OF LOGISTICS MANAGEMENT THROUGH THE INTEGRATION OF AUTONOMOUS SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS……. 158

Troian V., Rudachenko O., Uhodnikova O.
FORMATION OF AN INVESTMENT AND MARKETING CONCEPT FOR THE DEVELOPMENT OF THE SOCIO-ECONOMIC POTENTIAL OF TERRITORIAL COMMUNITIES……... 163

Тарасюк О.В.
БАГАТОРІВНЕВИЙ ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА АДАПТИВНІСТЬ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ…… 167

Амеліна Н., Петрикова Є., Майстренко А.
СУЧАСНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІНДУСТРІЇ…… 170

Section: Marketing and Advertising

Кифяк О.
ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗВ'ЯЗКІВ З ГРОМАДСЬКІСТЮ……. 173

Таранченко В.
УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ЕКСПОРТООРІЄНТОВАНИХ АГРОПІДПРИЄМСТВ……... 176

Section: Mechanics and Electrical Engineering

Курило В.Г.
ПОРІВНЯЛЬНИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИМІРЮВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ…….. 180

Section: Medicine

Ростока Л.М., Братанич К.О.
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛІПІДНОГО ПРОФІЛЮ КРОВІ ТА КОЕФІЦІЄНТА АТЕРОГЕННОСТІ ЯК ПРЕДИКТОРІВ РОЗВИТКУ АТЕРОСКЛЕРОЗУ У ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ 1-ГО ТА 2-ГО ТИПІВ…….. 183

Веснін В.В., Мурашкіна А.О., Кулик Д.Є.
ПОКАЗАННЯ ТА ПРОТИПОКАЗАННЯ ДО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КОЛІННОГО СУГЛОБА……. 185

Князькова В., Церковна А., Вербанов А., Посайда В.
ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО МОТИВАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ…… 189

Чуприна М.В., Лантухова Н.Д.
ЗАГАЛЬНА АНЕСТЕЗІЯ ТА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ: МІФИ ПРОТИ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ…… 194

Section: Military affairs and national security

Дідіченко В.
ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМ ПЕРСОНАЛОМ НА ОСНОВІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ (COMPETENCY-BASED MANAGEMENT)…….. 197

Bilash O., Sorokatyi M., Nahornyi M.
CRITICAL THINKING AS A COMPONENT OF THE PROFESSIONAL COMPETENCE OF A MILITARY SPECIALIST…….... 201

Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

Хмелькова О.
ЦИФРОВЕ ЛІДЕРСТВО ЯК ЧИННИК ЕФЕКТИВНОЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУЧАСНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ…… 205

Приходько Д., Яндола К., Фурдь А.
ДИДАКТИЧНА ГРА ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ТА КОГНІТИВНОЇ СТІЙКОСТІ КУРСАНТІВ У СУЧАСНИХ ВИКЛИКАХ…….. 212

Жук В., Погоріла А.
ФОРМУВАННЯ ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ПЛАТФОРМ…… 218

Мусійовська М., Погоріла А.
РОЗВИТОК ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ КОРПУСНОГО НАВЧАННЯ…….. 223

Заморока В.В.
ПРОЄКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПЕДАГОГІЧНИХ УМОВ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ ДО СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ОСВІТНІХ РІШЕНЬ ЗАСОБАМИ LOW-CODE/NO-CODE. 229

Строкаль О.
АКТУАЛІЗАЦІЯ МІФОЛОГЕМИ САКРАЛЬНІ ЗНАННЯ НЕОЛЕКСЕМОЮ З ПРЕФІКСОМ ПРА- У МІФОСВІТІ ПОЕЗІЇ «ДОКОПУЮСЬ ДО КОРЕНЯ РЕЧЕЙ» О. ДОВГОГО……... 233

Maharramova S.B.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING IN INCLUSIVE EDUCATION: PERSONALIZED SUPPORT FOR STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS 236

Sadigov A.O.
WEITERENTWICKLUNG VON BILDUNGSPROGRAMMEN IN DEUTSCHLAND: INTEGRATION VON BASISKOMPETENZEN, DIGITALEN UND KI-KOMPETENZEN, BILDUNGSGERECHTIGKEIT UND ARBEITSMARKTORIENTIERUNG…….. 244

Məmmədova K.A.
AI-ASSISTED LEARNING AND COGNITIVE LOAD: EFFECTS ON UNIVERSITY STUDENTS' ATTENTION, MEMORY, AND ACADEMIC SELF-EFFICACY…… 257

Aslanova G.Ch.
FEMALE IMAGES IN AZERBAIJANI FOLKLORE AND ASHIQ ART: SYMBOLIC CONTINUITY AND EDUCATIONAL FUNCTIONS…….. 264

Mammadova A.A.
FROM PERFORMANCE TO PEDAGOGY: INTEGRATING PRINCIPAL AND SECONDARY INSTRUMENTS, CONCERTMASTER SKILLS, ORGANOLOGY, AND MUSIC TEACHING METHODS IN PRE-SERVICE MUSIC TEACHER EDUCATION…… 272

Ibrahimova G.A.
AI-SUPPORTED FORMATIVE ASSESSMENT IN INFORMATICS EDUCATION: A METHODOLOGICAL MODEL FOR DEVELOPING COMPUTATIONAL THINKING……. 278

Shirinova S.Sh.
AI-SUPPORTED MUSIC PEDAGOGY: EFFECTS ON SELF-REGULATED PRACTICE, MUSICAL CREATIVITY, AND PERFORMANCE ANXIETY…… 287

Mammadova G.A.
GENERATIVE AI USE, ACADEMIC SELF-EFFICACY, AND ANXIETY AMONG UNIVERSITY STUDENTS: A PROPOSED PSYCHOLOGICAL MODEL……... 294

Section: Philosophy

Shamsutdynova-Lebediuk T.N., Lialovych V.V.
FAMILY RELATIONS IN PROTESTANT COMMUNITIES OF UKRAINE AT THE BEGINNING OF THE TWENTIETH CENTURY: CONFESSIONAL NORMS, LEGAL STATUS, AND EVERYDAY PRACTICES……... 302

Section: Physical and mathematical sciences

Vidmachenko A.P.
FEATURES OF THE INTERNAL STRUCTURE OF NEPTUNE'S SATELLITE TRITON……... 306

Shiriyeva A.I.
THE ROLE OF MATHEMATİCS İN THE DEVELOPMENT OF SCİENTİFİC THİNKİNG…….. 316

Section: Physical Culture and Sports

Кондратюк М., Горбач І., Островський І.
ФУНКЦІОНАЛЬНА ГОТОВНІСТЬ МАЙБУТНІХ ПРАВООХОРОНЦІВ ЯК ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ…….. 321

Медве М.
СПОРТИВНІ ІГРИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ ДО РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ……. 324

Section: Psychology

Павленко М., Жуковська В.
ОСОБИСТІСНА РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ У СТРУКТУРІ ПСИХОЛОГІЧНОГО КАПІТАЛУ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ…….. 329

Тафінцева С.
АРТТЕРАПЕВТИЧНІ ТЕХНІКИ ЯК ЗАСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБИСТІСНИХ ЯКОСТЕЙ ПІДЛІТКІВ…… 331

Сіваченко А.
ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ СІМЕЙНИХ КОНФЛІКТІВ У СУЧАСНІЙ ПСИХОЛОГІЇ…… 335

Section: Technical Sciences

Чмир В., Ільченко Р.
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА ФАКТОРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ……... 339

Oliinyk Yu., Onyshchenko A.
ASSESSMENT OF TECHNICAL LOSSES OF ELECTRICITY IN THE DISTRIBUTION NETWORK USING THE SICAD SOFTWARE COMPLEX…… 342

Кузавков В., Ланко А.
ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ НА КОМПОНЕНТНОМУ РІВНІ…… 344

Oliinyk Yu., Levchenko D.
OPTIMIZATION OF VOLTAGE LEVELS IN THE 10/0.4 KV DISTRIBUTION NETWORK BY MEANS OF SICAD AS A TOOL TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY……. 346

Пасєка Б.В., Мокін Б.І., Мокін О.Б.
СИНТЕЗ ЕКВІВАЛЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯМ…… 348

Section: Tourism and Hotel and Restaurant Business

Гессен А.Є.
СОЦІАЛЬНА ПРИСУТНІСТЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ГОСТЕЙ ГОТЕЛЮ…… 353

Section: Accounting and Taxation

АНАЛІЗ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ТА РИЗИКУ БАНКРУТСТВА КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Шкромида Віталій
к.е.н., доцент
Грубеляс Аліна
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
Кафедра обліку і оподаткування
Карпатський національний університет
імені Василя Стефаника, Україна

Фінансові проблеми комунального підприємства (далі – КП) рідко виникають раптово, зазвичай їм передує поступове погіршення окремих показників його діяльності. Зниження платоспроможності, накопичення зобов'язань, дефіцит власних фінансових ресурсів та погіршення результатів господарювання можуть поступово перетворити фінансові труднощі на реальну загрозу банкрутства. Для КП ця проблема набуває особливого значення, оскільки їхня фінансова неспроможність може позначитися не лише на результатах господарської діяльності, а й на стабільності надання суспільно важливих послуг. У зв'язку з цим важливого значення набуває своєчасний аналіз фінансового стану та оцінювання ризику банкрутства [1]. Практичне дослідження здійснено на матеріалах КП «Івано-Франківськводоекотехпром», діяльність якого безпосередньо пов'язана із забезпеченням населення та інших споживачів послугами водопостачання і водовідведення. Аналіз його фінансових показників дає змогу оцінити поточний фінансовий стан підприємства, виявити проблемні тенденції та визначити рівень ризику виникнення банкрутства.

Для оцінювання фінансового стану та ризику банкрутства КП доцільно використовувати комплексний підхід, оскільки окремий фінансовий показник не дає змоги повною мірою охарактеризувати рівень фінансової стійкості підприємства та ймовірність виникнення кризових явищ [2]. Зміни у структурі активів і капіталу, рівні ліквідності, прибутковості, діловій активності та здатності підприємства виконувати свої зобов'язання можуть по-різному впливати на його фінансову спроможність. У зв'язку з цим у дослідженні використано сукупність моделей оцінювання ризику банкрутства, які ґрунтуються на різних групах фінансових показників та дають змогу отримати більш об'єктивну оцінку фінансового стану підприємства.

Для дослідження фінансового стану КП «Івано-Франківськводоекотехпром» обрано одинадцять моделей: Альтмана, Таффлера, Бівера, Терещенка, Міністерства фінансів України, Ліса, Спрінгейта, Фулмера,

Матвійчука, Оулсона та Аргенті. Такий вибір дає можливість поєднати кількісні та якісні підходи до оцінювання фінансової неспроможності підприємства [2].

Основу дослідження становлять багатофакторні моделі Альтмана, Таффлера, Ліса, Спрінгейта та Фулмера. Їх використання дає змогу комплексно врахувати основні характеристики фінансового стану підприємства, зокрема ліквідність, прибутковість, оборотність активів, структуру капіталу та рівень фінансової залежності. Застосування кількох моделей цієї групи дозволяє отримати порівняльну оцінку ймовірності банкрутства та перевірити стійкість отриманого результату.

Для доповнення багатофакторного аналізу використано модель Бівера, яка акцентує увагу на окремих ключових фінансових коефіцієнтах, зокрема грошовому потоці, ліквідності, рентабельності та фінансовому левериджі. Моделі Терещенка та Матвійчука дають змогу оцінити фінансову стійкість і загрозу втрати платоспроможності з урахуванням показників грошових потоків, прибутковості, оборотності та структури капіталу. Окреме значення має модель Міністерства фінансів України, оскільки вона орієнтована на оцінювання фінансового стану підприємств з використанням показників, що застосовуються у вітчизняній практиці.

Додатково застосовано модель Ольсона, яка враховує не лише поточні фінансові характеристики, а й рівень заборгованості, ліквідність, прибутковість, грошові потоки та динаміку фінансових результатів. Це дозволяє ширше оцінити передумови виникнення фінансової неспроможності. На відміну від переважно кількісних моделей, модель Аргенті передбачає оцінювання фінансової кризи з урахуванням якісних характеристик діяльності та накопичення проблем, які можуть передувати банкрутству.

Отже, використання сукупності зазначених моделей дає можливість оцінити ризик банкрутства КП «Івано-Франківськводоекотехпром» з різних позицій. Частина моделей акцентує увагу на ліквідності та платоспроможності, інші на прибутковості, структурі капіталу, грошових потоках і діловій активності, тоді як модель Аргенті доповнює кількісний аналіз якісною оцінкою. Порівняння результатів за всіма моделями дозволить визначити, чи є висновки щодо фінансового стану підприємства стійкими незалежно від обраного методичного підходу. Для комплексного оцінювання фінансового стану та ризику банкрутства КП «Івано-Франківськводоекотехпром» застосовано розглянуті вище методичні підходи. Результати розрахунків за обраними моделями та їх оцінювання відповідно до встановлених критеріїв наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати оцінювання ризику банкрутства КП «Івано-Франківськводоекотехпром» за 2025 рік

Формула моделі	Кінц. рез.	Критерій оцін.	Оцінка фін. стану
Альтмана			
Z=0,717X1+0,847X2+3,107X3+0,42X4 +0,995X5	0,4436	Z<1,23	Висока ймовірність банкрутства
Таффлера			
Z=0,53X1+0,13X2+0,18X3+0,16X4	0,1462	Z≤0,20	Загроза втрати платоспроможності
Бівера			
Kb=ЧП+АДЗ+КЗ	0,0918	Порівняння з нормативним и значеннями	Критичний фінансовий стан, високий ризик неплатоспроможності
Терещенка			
Z=1,5X1+0,08X2+10X3+5X4−0,3X5+0, 1X6Z	−0,4116	Z<1	Загроза втрати платоспроможності
Міністерства фінансів України			
Z=1,04X1+0,75X2+0,153X3+0,42X4+1, 18X5+0,06X6−2,16Z	−0,9543	Z<−0,55	Передкризовий / кризовий стан
Ліса			
Z=0,063X1+0,092X2+0,057X3+0,001X4	−0,0189	Z<0,037	Висока ймовірність банкрутства
Спрінгейта			
Z=1,03X1+3,07X2+0,66X3+0,4X4	−0,0513	Z≤0,862	Висока ймовірність банкрутства
Фулмера			
H=5,528X1+0,212X2+0,073X3+1,270X 4−0,120X5+2,335X6+0,575X7+1,083X8 +0,894X9−6,075	−5,1958	H<0	Високий ризик банкрутства
Матвійчука			
H=0,033X1+0,268X2+0,045X3−0,018X 4−0,004X5−0,015X6+0,702X7	0,9700	H<1,104	Загроза фінансової кризи
Ольсона			
O=−1,32−0,407X1+6,03X2−1,43X3+0,0 757X4−1,72X5−2,37X6−1,83X7+0,285 X8−0,521X9	0,3582	O>0	Підвищений ризик банкрутства
Аргенті			
A=$\sum P_i$	37 балів	A>34	Критична зона, високий ризик фінансової кризи та банкрутства

Джерело: сформовано авторами за даними фінансової звітності КП «Івано-Франківськводоекотехпром» за 2025 рік [3].

Результати проведеного дослідження свідчать про складний фінансовий стан КП «Івано-Франківськводоекотехпром» у 2025 році [3]. За більшістю застосованих моделей отримано результати, що характеризують підприємство як таке, що має високий або підвищений ризик банкрутства, загрозу втрати платоспроможності та ознаки кризового фінансового стану. Зокрема, негативні результати за моделями Альтмана, Ліса, Спрінгейта та Фулмера, а також оцінки за моделями Таффлера, Терещенка, Міністерства фінансів України, Матвійчука, Ольсона, Бівера та Аргенті в цілому формують узгоджену картину фінансового напруження підприємства.

Виявлений стан пов'язаний із сукупним впливом декількох фінансових чинників. Насамперед негативно позначаються збитковість діяльності та низька прибутковість, недостатній рівень ліквідності, значне боргове навантаження та обмежені можливості формування власних фінансових ресурсів. Поєднання зазначених факторів знижує здатність підприємства своєчасно виконувати поточні зобов'язання та водночас обмежує його фінансові можливості для підтримання стабільної діяльності. Саме тому негативні результати більшості моделей слід розглядати не як прояв окремої проблеми, а як результат накопичення взаємопов'язаних фінансових труднощів.

Водночас оцінка фінансового стану КП «Івано-Франківськводоекотехпром» потребує врахування особливостей його функціонування. Підприємство є комунальним та забезпечує населення і інших споживачів послугами водопостачання та водовідведення, що належать до суспільно важливих. Його діяльність не може повністю орієнтуватися на максимізацію прибутку, оскільки першочерговим завданням є безперервне забезпечення споживачів необхідними послугами. Це обмежує можливості підприємства оперативно змінювати обсяги та структуру діяльності виключно з метою покращення фінансових результатів.

Додатковим фактором ускладнення фінансового стану є функціонування КП в умовах повномасштабної війни та загальної економічної нестабільності. Воєнні ризики, зміни платоспроможності споживачів, зростання вартості ресурсів і витрат на забезпечення безперервної роботи інфраструктури створюють додаткове навантаження на фінансові результати підприємства. Тому виявлені негативні показники доцільно розглядати в контексті не лише внутрішніх фінансових характеристик, а й об'єктивних умов, у яких здійснюється його господарська діяльність.

Отже, результати одинадцяти моделей підтверджують, що у 2025 році КП «Івано-Франківськводоекотехпром» перебуває у складному фінансовому становищі, а ризик фінансової неспроможності та банкрутства є високим. Водночас такий стан є результатом поєднання внутрішніх фінансових проблем із об'єктивно складними умовами функціонування комунального підприємства в період воєнного стану. Тому отримані результати слід трактувати комплексно, не зводячи високий ризик банкрутства виключно до ефективності управління підприємством.

Список використаних джерел

1. Денисов, Д. М. (2024). Система раннього реагування та попередження банкрутства. Вісник Університету «Україна», (10), 37. https://doi.org/10.36994/2707-4110-2024-10-37-04.
2. Ігнашкіна, Т. Б., & Куценко, В. О. (2025). Аналіз сучасного стану вітчизняної науки з питань визначення ймовірності банкрутства підприємств. Бізнес Інформ, (11), 289–298. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-11-289-298.
3. Комунальне підприємство «Івано-Франківськводоекотехпром». (2026). Офіційний сайт КП «Івано-Франківськводоекотехпром». https://www.vodokanal.if.ua/.

Section: Architecture and Construction

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО ОРНАМЕНТА КАЗАХСТАНА

Муханбедиярова Бибинур Женисбаевна
Соискатель ученой степени доктора философии (PhD)
Самаркандского государственного
технического университета имени Мирзо Улугбека

Аннотация. Мақолада анъанавий қозоқ орнаментини Қозоғистоннинг замонавий меъморий макони таркибига интеграциялашнинг назарий-методологик ва амалий жиҳатлари тадқиқ этилган. Муаллиф томонидан тўғридан-тўғри иқтибос келтиришдан чуқур тектоник трансформация ва рақамли параметризациягача бўлган асосий композицион услублар аниқланган ҳамда тизимлаштирилган. Ишда орнамент тизимлари семантик маъносининг эволюцияси ва уларнинг меъморчиликда замонавий миллий ўзликни шакллантиришдаги ўрни таҳлил қилинган.

Калит сўзлар: меъморий бионика, миллий орнамент, тектоника, композицион услублар, макон семиотикаси, ўзлик, Қозоғистоннинг параметрик меъморчилиги.

Аннотация. В статье исследуются теоретико-методологические и практические аспекты интеграции традиционного казахского орнамента в структуру современного архитектурного пространства Казахстана. Автором выявляются и систематизируются основные композиционные методы — от прямого цитирования до глубокой тектонической трансформации и цифровой параметризации. В работе анализируется эволюция семантического значения орнаментальных систем и их роль в формировании современной национальной идентичности в архитектуре.

Ключевые слова: архитектурная бионика, национальный орнамент, тектоника, композиционные методы, семиотика пространства, идентичность, параметрическая архитектура Казахстана.

Abstract. The paper explores the theoretical, methodological, and practical aspects of integrating traditional Kazakh ornament into the structure of Kazakhstan's contemporary architectural space. The author identifies and systematizes key compositional methods, ranging from direct quotation to profound tectonic transformation and digital parameterization. Furthermore, the study analyzes the evolution of the semantic meaning of ornamental systems and their role in shaping modern national identity in architecture.

Keywords: architectural bionics, national ornament, tectonics, compositional methods, semiotics of space, identity, parametric architecture of Kazakhstan.

Введение

Современный этап развития архитектуры Казахстана характеризуется интенсивным поиском национальной идентичности, способной гармонично интегрироваться в глобальный мировой контекст. Одним из наиболее репрезентативных носителей культурного кода выступает национальный орнамент. Исторически сложившись как синкретическая знаковая система, кочевой орнамент аккумулировал в себе космогонические, мифологические и социально-философские представления этноса.

Однако механический перенос орнаментальных мотивов на плоскости современных фасадов (так называемый «декоративизм») зачастую приводит к эклектике и нарушению тектонической логики сооружения. В связи с этим актуализируется необходимость научно-теоретического осмысления и систематизации именно композиционных методов, позволяющих интегрировать орнамент не как поверхностный декор, а как органический структурный элемент архитектурного пространства.

Семиотический и пространственный потенциал казахского орнамента

Казахский орнамент обладает выраженной пространственно-временной структурой. В отличие от западноевропейских центрических или линейных классических декоров, традиционный номадический орнамент основан на принципах:

- Динамического равновесия: Инверсия фона и узора, где пустое пространство (негатив) обладает той же смысловой и визуальной массой, что и сам элемент (позитив).
- Фрактальности и бесконечного раппорта: Способность узора масштабироваться и разворачиваться в пространстве без потери композиционной целостности.

С точки зрения архитектурной композиции, зооморфные (қошкар мүйіз — бараний рог), космогонические (дөңгелек — круг, жұлдыз — звезда) и растительные мотивы представляют собой готовые комбинаторные матрицы. Они способны зонировать пространство, задавать масштабный модуль и регулировать светотеневую динамику фасадов.

Рис. 1. Композиционная структура и фрактальные свойства традиционного зооморфного орнамента (на примере мотива «қошкар мүйіз»). Схема инверсии формы и фонового пространства.

Типология композиционных методов интеграции

На основе анализа современной строительной практики Казахстана (объекты в городах Астана, Алматы, Туркестан) можно выделить четыре ключевых композиционных метода интеграции орнаментальных систем.

Метод 1. Плоскостно-поверхностная аппликация (Стилизация)

Исторически наиболее ранний метод, основанный на трансляции двухмерного узора на плоскость стены.

- Механизм: Орнамент выступает в роли декоративного экрана, фриза, панно или суперграфики. Применяется техника облицовки (натуральный камень, фибробетонные панели, HPL-панели).
- Композиционная роль: Акцентирование тектонических узлов, визуальное членение протяженных плоскостей, создание масштабного контраста.
- Ограничение: Невысокая пространственная глубина, риск отделения декора от тектонической сути здания.

Метод 2. Тектоническая объемно-пространственная трансформация

Более сложный метод, при котором орнаментальный мотив переводится из двухмерного состояния в трехмерную форму и начинает формировать саму структуру здания.

- Механизм: Стилизованный элемент орнамента (например, плавный изгиб мүйіз или геометрия қосақ) масштабируется до размеров несущей конструкции или формы кровли. Примером может служить пластика пилонов, форма входных групп, абрис купольных завершений.
- Композиционная роль: Орнамент генерирует пластику объема, управляет светоархитектурой (игра теней на глубоком рельефе) и формирует силуэт здания в городской среде.

Метод 3. Пространственно-перфорированная фильтрация (Световые экраны)

Метод, основанный на создании сквозных решеток, солнцезащитных экранов (машрабий) и шебеке, адаптированных под национальный узор.

- Механизм: Использование современных технологий лазерной резки металла или отливки композитных материалов. Орнаментальная сетка выносится вторым контуром фасада.
- Композиционная роль: Регулирование инсоляционного режима. В интерьере этот метод создает динамическую «светопись» — орнамент проецируется солнечными лучами на полы и стены, изменяясь в течение дня. Пространство интерьера становится ментально и визуально связанным с национальной культурой.

Метод 4. Параметрический и цифровой морфогенезСовременный хай-тек метод, использующий алгоритмическое проектирование.

- Механизм: Математическая формула казахского орнамента (его ритм, шаг, кривизна линий) закладывается в среду параметрического моделирования (Grasshopper/Rhino). Программа генерирует уникальную фасадную оболочку,

которая реагирует на внешние факторы (например, угол падения солнечных лучей или ветровые нагрузки).

● Композиционная роль: Создание сугубо современной, но генетически связанной с традицией текучей, биоморфной архитектуры, где орнамент и есть сама конструктивная ткань сооружения.

Композиционные уровни восприятия в архитектурной среде

Интеграция орнамента должна подчиняться законам иерархии и масштабности. В таблице ниже систематизированы уровни внедрения орнаментальных кодов в зависимости от масштаба восприятия:

Уровень интеграции	**Масштаб восприятия**	**Основные композиционные приемы**	**Архитектурный элемент**
Макроуровень	Градостроительный, силуэтный	Формообразование объемов, геометрия планов, абрис кровель	Генеральный план, купола, башни, силуэт застройки
Мезоуровень	Фасадный, визуально-ближний	Перфорация, тектонические членения, ритмический раппорт	Входные порталы, солнцезащитные пилоны, фасадные модули
Микроуровень	Интерьерный, тактильный	Детализация, фурнитура, текстурные контрасты, световые проекции	Светильники, ограждения лестниц, дверные порталы, мебель

Перспективы и концепция «Синтетической идентичности»

Анализ показывает, что наиболее жизнеспособным и художественно ценным является метод синтеза, при котором орнамент не копируется слепо, а деконструируется. Архитектор выделяет базовую геометрию, осевые направления и ритмические закономерности узора, после чего воссоздает их с помощью современных материалов (стекло, монолитный железобетон, титан, композиты).

Это позволяет избежать этнографического пастиша (поверхностного подражания) и прийти к «метафорической контекстуальности», когда здание выглядит ультрасовременным, но на подсознательном, архетипическом уровне считывается как исконно казахстанское, укорененное в ландшафте и культуре Великой Степи.

Вектор развития современной архитектуры Казахстана неизбежно движется в сторону преодоления прямолинейного этнографизма. На смену репрезентативному использованию этно-мотивов приходит концепция «синтетической идентичности». Под ней понимается высший уровень архитектурно-художественного синтеза, при котором национальный код

интегрируется в структуру здания не на уровне знака-копии (иконический знак), а на уровне метафоры, структуры и тектонического алгоритма.

В рамках данной концепции орнамент рассматривается не как застывший канон, а как динамическая открытая система. Жизнеспособность и художественная ценность регионального зодчества достигается путем композиционной деконструкции орнаментального узора. Архитектор осуществляет глубокий морфологический анализ: выделяет базовую геометрию, скрытые оси симметрии, пропорциональные отношения и ритмические закономерности узора, после чего транслирует их с помощью инновационных строительных материалов (монолитный железобетон, структурное стекло, композитные сплавы, светопрозрачные оболочки).

Это позволяет избежать «археологического» подражания и этно-китча, трансформируя плоскостную традицию в объемно-пространственную метафору, укорененную в культурном ландшафте Евразийского пространства.

Заключение

Интеграция национального орнамента в архитектурное пространство Казахстана — это не декоративная задача, а сложный композиционно-тектонический процесс. Вектор развития современной отечественной архитектурной мысли лежит в плоскости перехода от плоскостного декорирования к объемно-пространственному и параметрическому формообразованию.

Применение разработанной системы композиционных методов (аппликация, трансформация, перфорация, параметрика) позволяет архитекторам создавать тектонически честные, функционально оправданные и духовно наполненные объекты, репрезентирующие уникальный культурный код Казахстана в XXI веке.

Использованная литература

1. Масанов Н. Э. Кочевая цивилизация казахского этноса: социально-исторический анализ. — Алматы, 2011.
2. Ибраева К. Ж. Казахский орнамент: истоки и символика. — Алматы: Өнер, 1994.
3. Азитов Р. Ш. Архитектура Казахстана на рубеже веков: поиск стиля и идентичности. // Вестник КазГАСА. — 2019. — № 2.
4. Schumacher P. Parametricism as Style - Parametricist Manifesto. — London, 2008.
5. Алдангереева Г. Е. Семантика и композиционные особенности традиционного казахского орнамента в контексте современной материальной культуры // Известия НАН РК. Серия общественных и гуманитарных наук. — 2021. — № 4. — С. 112–118.
6. Аманжолова Г. А. Трансформация этнокультурных кодов в архитектурной среде суверенного Казахстана // Архитектура и дизайн: современные тенденции. — Алматы: КазГАСА, 2023. — С. 88–94.

7. Басенов Т. К. Орнамент Казахстана в архитектуре. — Алма-Ата: Издательство Академии наук Казахской ССР, 1957. — 272 с.
8. Кисамедин Г. М. Архитектурная морфология: генезис формы в пространстве культуры Казахстана. — Алматы: ТОО «Art-D», 2015. — 196 с.
9. Муратова М. С., Смирнова С. В. Цифровые технологии и параметризм в интерпретации национальных мотивов стран Центральной Азии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2024. — № 5. — С. 73–79.
10. Шукуров Ш. М. Архитектура в контексте культуры. Смысловые пространства Центральной Азии. — М. Прогресс-Традиция, 2017.

Section: Art History and Literature

BIDIRECTIONAL INTERACTION IN CHILD-REARING WITHIN THE FAMILY, ILLUSTRATED BY HEORHIY POZDNIAK'S HUMOROUS STORY «THE PRECISE ANSWER»

Sherbon Fedir
Senior Lecturer of Acting
Drama Directing Department
I.K. Karpenko – Karyi National University of
Theatre, Cinema and Television, Kyiv, Ukraine.
Member of the National Academy of
Sciences and Arts of Ukraine
Member of the National Union of
Theatre Artists, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-4971-3340
Sherbon Olena
Senior Lecturer,
General and Specialized Piano Department
National Music Academy of Ukraine, Kyiv
Member of the National Academy of
Sciences and Arts of Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-6539-005X

ABSTRACT. In this article, we examine specific aspects of the rehearsal process for prospective students. Using a humorous sketch as an example, we help the aspiring theater student immerse themselves in the piece's «given circumstances» and accurately portray the atmosphere of family relationships.

KEYWORDS. Action, inciting incident, given circumstances, interaction, musical accompaniment.

Our study addresses a crucial topic: introducing the prospective student to the fundamental conceptual aspects of the acting profession. The administration of an arts university must approach the selection of a preparatory course instructor with great care. The chosen individual should possess extensive professional experience, specifically in teaching. The ability of the instructor—who is also a director—to «reveal the inner world» of a young person without applying pressure constitutes the primary objective of the pedagogical interaction with the applicant. A director's role extends beyond merely staging a performance; they must teach the aspiring actor—even at this early stage—methods for analyzing and practically embodying the material.

We recommend compiling a list of specialized literature to explore the specific terminology of this artistic field. Prospective students should familiarize themselves

with relevant thematic and theoretical materials (they will undoubtedly encounter many unfamiliar concepts). Next comes the stage of selecting texts for the examination performance before the admissions committee; this phase involves searching for, approving, and practically interpreting the material. Dramatic works from Ukrainian and European literature constitute a multi-layered system of profound formats—one that can only be fully grasped after years of professional experience.Therefore, a young person aspiring to become an actor must realize the profound work required to immerse themselves in and truly understand the text. It is an incredibly engaging process, accompanied by the discovery of new insights and the reaffirmation of knowledge that had perhaps been forgotten.

First-year students—who can be likened to individuals standing at the very threshold of mastering their profession—undertake extensive theoretical and practical work using etudes to grasp a dramatic work's narrative structure before tackling the material itself. Prospective students should adopt this same approach. It is advisable to select short pieces with clear plot structures that foster the development of a young person's psychophysical qualities. For the initial stage, we specifically recommend Georgy Pozdnyak's humorous sketch «An Exact Answer». The sequence of events is straightforward and free of double meanings or subtext; the piece depicts a father talking to his son while reviewing the boy's school grade book.The boy isn't very keen on his studies, so due to constant inattention and failure to complete homework assignments, he brings home poor grades.

The topic raised by the author is being explored by many specialists in the field of psychology. A focus on democratic child-rearing helps parents raise a confident and successful individual. This approach paves the way for the child to make their own decisions and fosters a sense of responsibility for the choices made. Clear behavioral guidelines established by parents enable the child to gain an objective understanding of exactly what their mother and father expect.

Researchers studying the authoritarian parenting style have concluded that this approach causes a child to withdraw and resort to lying; furthermore, it risks fostering a buildup of resentment and emotional pain, which may eventually evolve into an inferiority complex, social inhibition, or estrangement from family members. It is important to cultivate flexibility by considering the child's needs and grounding the relationship in mutual respect and understanding. Only then can strong family bonds be built.

To gain a broader perspective on family dynamics, we advise the prospective student to devise a series of sketches exploring the «past life» of the family: what the parents' lives were like before the child was born; how eagerly the child was awaited; how the birth of the son altered the relationship between husband and wife; and what significant events have shaped the child's life up to the present. Having thoroughly worked through the piece «The Precise Answer», one can confidently move on to the next stage, which involves working with more substantial and complex material.

The author of this article, along with members of the Academy of Sciences and Arts of Ukraine, seeks to broaden the creative horizons of prospective and current students. With this goal in mind, we advise applicants to theater school to use Chopin's

Nocturne b-moll (Op. 9, No. 1) as musical accompaniment when performing the humorous sketch «Nocturne». The slow, calm unfolding of the melody and the arpeggiated texture characteristic of Chopin seem to echo a father's plea to his son to study harder and avoid bringing home failing grades. The nocturne's melancholic minor-key theme appears to convey the full depth of a father's anxiety for his son. This renowned musical masterpiece will help the aspiring actor immerse themselves in the sketch's «given circumstances» and enable a young person to convincingly portray the character of a mature father [1, 2, 3].

Since the 2000s, both authors of this article have been introducing students of the Karpenko-Karyi Kyiv National University of Theatre, Cinema and Television to the finest examples of classical music, while simultaneously encouraging students of the National Music Academy of Ukraine to attend theatrical performances. This long-standing experience helps enrich the artistic potential of both students and faculty. In studying Chopin's letters to his friends, we observed the freedom and lack of undue restriction with which the composer allowed his works to be interpreted in concert. For instance, the renowned vocalist Pauline Viardot used to perform Chopin's piano mazurkas in her concerts as vocalises. The composer himself performed his waltzes and nocturnes with great freedom, employing significant deviations in meter and rhythm. He readily accepted the paradoxical interpretations of his works by other performers. Although he composed his waltzes and mazurkas for concert and salon listening, 19th-century audiences also danced to his music—a practice to which Chopin responded with delight. This flexible nature of Chopin's inspired us to boldly combine his brilliant compositions with our own theatrical and poetic performances [4].

To conclude this study, we suggest reviewing the references listed in the sources [5–9].

Reference

1. Pozdniak G. Gumoresku. Step. 1990. P.10. [in Ukrainian].
2. Bible. Kyiv, 2020, Колос.3:18-21; 23,23. P. 1115. [in Ukrainian]
3. Desiatnuk. G., Lumar L. Pidgotovka do ekranoi robotu. Kyiv,2020,108 P. [in Ukrainian]
4. Chopin F. Chopin's letters. Courior Corporation.1988. 424 P.
5. Chopin F. Nocturne b-moll (Op.9, No.1).2021. https://youtu.be/X92SXG9ZSag?si=46sw5WjHE2PSAKDV
6. Sherbon O. About me. 2021. https://youtu.be/Dy6xagy_ZpQ?si=F43u8XVZDJ1Tisuc
7. Sherbon F. About my work. 2025. https://youtu.be/eJfDKkIGISU?si=FsB-wtbcWx8pJCR7
8. Sherbon F. About my professional activities. 2026. https://youtu.be/v2QhT3NacG0?si=1O3ieuRpm0hPOtRN
9. Sherbon O., Sherbon F. Gumoreska « Tochna vidpovid».2026. https://youtu.be/kcT3XpX47Oo?si=8h7L-A8azCXLa7FB

Section: Biology and Microbiology

ПАРАКРИННЕ ПЕРЕПРОГРАМУВАННЯ КЛІТИН КІСТКОВОГО МОЗКУ В МОДЕЛЯХ IN VITRO

Сауленко Кирило
аспірант
Інститут експериментальної патології,
онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України
м. Київ, Україна
Піскунова Анастасія
здобувачка вищої освіти бакалаврського рівня
КНУ ім. Тараса Шевченка,
ННЦ «Інститут біології та медицини», Кафедра біохімії
м. Київ, Україна

Вступ. Вивчення гуморальних факторів взаємодії між пухлиною та клітинами кісткового мозку є важливим для розуміння механізмів формування пухлинного мікрооточення[1]. Оскільки паракринні сигнали здатні суттєво реконструювати біологічні властивості клітин, дослідження безконтактної дії дозволяє диференціювати ефекти дистантної регуляції від прямого міжклітинного контакту[2].

Мета роботи. Дослідження особливостей безконтактної комунікації клітин кісткового мозку миші (КММ) з клітинами меланоми миші лінії МВ-16 або фібробластами миші лінії 3Т3-А31 в «системі ко-культивування Insert» для порівняльної оцінки експресії білків-регуляторів прогресії пухлинного процесу.

Матеріали та методи. Об'єктами дослідження слугували клітини кісткового мозку миші, клітини меланоми миші МВ-16 та фібробласти лінії 3Т3 клон А31. Моделювання паракринного впливу здійснювали шляхом сумісного безконтактного культивування клітин протягом 72 годин у мембранній системі Insert[3]. За допомогою методів імуноцитохімічного аналізу в клітинах визначали рівні експресії маркера проліферації Кі-67, глутамінсинтетази (GS), транскрипційного фактора c-Myc та білка клітинної адгезії CD106.

Результати. Встановлено, що при безконтактному ко-культивуванні клітин меланоми МВ-16 з КММ спостерігається підвищення числа Кі-67 позитивних клітин КММ у 3,6 рази порівняно з контролем ($p<0,05$), тоді як в клітинах меланоми число Кі-67 позитивних клітин зменшується у 1,9 рази ($p<0,05$). Натомість ко-культивування з фібробластами суттєво не впливало на рівень експресії Кі-67 в КММ.

Оцінка метаболічного профілю виявила двосторонній характер регуляції: експресія ферменту глутамінсинтетази (GS) детектувалася виключно в інтактних клітинах меланоми, проте після ко-культивування з КММ експресія GS в

клітинах МВ-16знижувалась на 90 % ($p<0,05$). Показано, що за умов ко-культивування КММ із фібробластами спостерігається підвищення цитоплазматичної експресії c-Мус у 4 рази ($p<0,05$) в клітинах КММ, паралельно із статистично значущим зменшенням CD106-позитивних клітин на 90% ($p<0,05$) в клітинах КММ. При взаємодії КММ із клітинами меланоми МВ-16 рівень експресії c-Мус в клітинах КММ залишався незмінним, однак також відзначалося статистично значуще зменшення числа CD106-позитивних клітин КММ порівняно з контрольними клітинами на 85% ($p<0,05$).

Висновки. Безконтактне ко-культивування в системі Insert виявило специфічний характер паракринної регуляції клітин кісткового мозку, де сигнали клітин меланоми стимулюють їхню проліферативну активність, а фібробласти індукують процеси диференціювання через активацію c-Мус та зниження адгезивних властивостей. Водночас встановлено зворотний супресивний вплив мікрооточення кісткового мозку на пухлинні клітини, що виявляється у пригніченні їхнього проліферативного потенціалу та суттєвому гальмуванні ключових метаболічних ферментів.

Список використаних джерел

1. Baghban, R., Roshangar, L., Jahanban-Esfahlan, R. et al. Tumor microenvironment complexity and therapeutic implications at a glance. Cell Commun Signal 18, 59 (2020). https://doi.org/10.1186/s12964-020-0530-4
2. Mason, J., Öhlund, D. (2023) Key aspects for conception and construction of co-culture models of tumor-stroma interactions. Front. Bioeng. Biotechnol. 11:1150764. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1150764
3. Jensen, C., Teng, Y. (2020). Is it time to start transitioning from 2D to 3D cell culture? Frontiers in Molecular Biosciences, 7, 33. https://doi.org/10.3389/fmolb.2020.00033

Section: Ecology and environmental protection

EUTROPHICATION PROCESSES, PHYTOPLANKTON DYNAMICS, AND WATER QUALITY INDICATORS IN THE COASTAL ZONES OF THE CASPIAN SEA

Balakhanova Gumru Vasif
PhD
https://orcid.org/0000-0002-1709-1442
Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

ABSTRACT

The Caspian Sea is a unique and environmentally sensitive aquatic ecosystem whose coastal zones are increasingly affected by eutrophication, nutrient enrichment, anthropogenic pressure, and climate-related environmental changes. The present study evaluates the major ecological characteristics of eutrophication processes, phytoplankton dynamics, and water-quality indicators in the coastal zones of the Caspian Sea. An integrated ecological approach was applied to assess the relationships between physicochemical characteristics, nutrient availability, phytoplankton community structure, and anthropogenic pressures. Particular attention was given to temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, turbidity, transparency, nitrogen and phosphorus compounds, as well as phytoplankton abundance, biomass, taxonomic composition, and diversity. The assessment demonstrates that nutrient enrichment associated with urban wastewater, industrial activities, agricultural runoff, riverine inputs, and other anthropogenic sources can stimulate primary production and modify phytoplankton community structure. Seasonal changes in temperature, solar radiation, freshwater inflow, hydrodynamic conditions, and nutrient availability were identified as important factors controlling phytoplankton development. Excessive phytoplankton proliferation may contribute to increased organic matter accumulation, changes in water transparency, and subsequent oxygen depletion during decomposition processes, thereby increasing ecological stress on aquatic organisms. The study emphasizes that phytoplankton characteristics, nutrient concentrations, and physicochemical water-quality parameters should be evaluated together for reliable identification of eutrophication trends. Strengthening long-term ecological monitoring, reducing nutrient inputs, improving wastewater treatment, and applying ecosystem-based coastal management are essential for maintaining water quality, protecting biodiversity, and improving the ecological resilience and sustainability of the Caspian Sea coastal ecosystem.

Keywords: Caspian Sea, eutrophication, phytoplankton dynamics, water quality, nutrient enrichment, coastal ecosystems, ecological monitoring, anthropogenic pressure, biodiversity, climate change.

INTRODUCTION

The Caspian Sea is the world's largest enclosed inland water body and represents a unique aquatic ecosystem characterized by pronounced spatial and temporal variability in hydrological, hydrochemical, biological, and ecological conditions. Its coastal zones are particularly important because they constitute a dynamic interface between terrestrial and marine environments where riverine inflows, urban development, industrial activities, agricultural runoff, wastewater discharge, atmospheric deposition, and natural hydrological processes interact. The ecological condition of these coastal areas has become increasingly important in the context of rapid population growth, expanding urbanization, industrial development, climate variability, and intensification of human activities around the Caspian basin. Among the major ecological processes affecting coastal water quality, eutrophication and associated changes in phytoplankton communities have received growing scientific attention because they directly influence oxygen conditions, biological productivity, biodiversity, and the overall ecological stability of aquatic ecosystems.

Eutrophication is a complex ecological process associated primarily with excessive enrichment of aquatic environments by nutrients, particularly nitrogen and phosphorus compounds. Under favorable environmental conditions, increased nutrient availability can stimulate the excessive growth and reproduction of phytoplankton, resulting in changes in the structure, abundance, and seasonal dynamics of aquatic primary producers. Although nutrient enrichment may initially increase biological productivity, excessive eutrophication can disrupt the natural functioning of aquatic ecosystems through the formation of dense algal blooms, increased organic matter accumulation, enhanced microbial decomposition, depletion of dissolved oxygen, and deterioration of water transparency. In severe cases, these processes may contribute to hypoxia, changes in food-web structure, reduction of sensitive aquatic organisms, and the proliferation of opportunistic or potentially harmful algal species.

The coastal areas of the Caspian Sea are particularly vulnerable to eutrophication because they receive substantial inputs of nutrients and organic matter from both natural and anthropogenic sources. River discharge represents one of the major pathways through which dissolved and particulate nutrients enter the Caspian marine environment. In addition, municipal and industrial wastewater, agricultural runoff, coastal construction, atmospheric deposition, and disturbed terrestrial areas can increase the nutrient load entering nearshore waters. The magnitude and ecological consequences of these inputs vary considerably among coastal sectors depending on population density, industrial activity, hydrological characteristics, circulation patterns, sediment properties, and the degree of wastewater treatment. Consequently, eutrophication should not be considered a uniform process across the Caspian coastal zone but rather as a spatially heterogeneous phenomenon influenced by local environmental and anthropogenic conditions[1].

Phytoplankton communities play a central role in regulating the productivity and ecological functioning of Caspian coastal ecosystems. As primary producers, phytoplankton convert inorganic carbon and nutrients into organic matter and

constitute the fundamental energetic basis of aquatic food webs. At the same time, their community composition, abundance, biomass, and seasonal succession respond rapidly to variations in nutrient availability, temperature, salinity, light penetration, water circulation, and hydrological conditions. Therefore, changes in phytoplankton dynamics can serve as sensitive indicators of environmental transformation and water-quality deterioration. An increase in phytoplankton biomass, changes in dominant taxonomic groups, shifts in community diversity, or the appearance of bloom-forming species may reflect alterations in nutrient regimes and broader ecological changes occurring within coastal waters.

Seasonal variability is another important component of phytoplankton dynamics in the Caspian Sea. Temperature, solar radiation, nutrient availability, freshwater inflow, water-column stability, and grazing pressure vary throughout the year and influence the development and succession of phytoplankton communities. During periods of favorable temperature and nutrient availability, phytoplankton biomass may increase considerably, whereas nutrient limitation, unfavorable hydrodynamic conditions, or increased grazing pressure may restrict their development. Climate change may further modify these seasonal relationships through increasing water temperature, changing precipitation and river discharge patterns, altering the duration of stratification, and influencing the timing and intensity of phytoplankton production. Such changes may potentially increase the frequency or duration of eutrophication-related events in vulnerable coastal areas.

Water-quality indicators provide an essential scientific basis for evaluating the ecological condition of Caspian coastal ecosystems. Physicochemical parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, salinity, turbidity, and transparency provide important information about the physical and chemical characteristics of coastal waters. Nutrient concentrations, particularly nitrate, nitrite, ammonium, and phosphate, are especially important for assessing eutrophication potential. In addition, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand can provide information about the quantity of biodegradable and oxidizable organic matter entering aquatic systems. The simultaneous assessment of these parameters with phytoplankton abundance and community structure enables a more comprehensive understanding of the relationship between nutrient enrichment, primary production, and ecological water quality.

The ecological significance of eutrophication extends beyond changes in phytoplankton biomass. Excessive primary production may increase the accumulation of organic matter in the water column and sediments, which subsequently stimulates microbial decomposition and oxygen consumption. This process can reduce dissolved oxygen concentrations, particularly in poorly mixed or highly productive coastal waters. Changes in oxygen availability may negatively affect fish, benthic organisms, zooplankton, and other aquatic communities. Moreover, alterations in phytoplankton community composition may modify trophic relationships and influence the transfer of energy and matter throughout the food web. Therefore, eutrophication represents a multidimensional ecological process that can affect biodiversity, ecosystem productivity, habitat quality, and the provision of ecosystem services.

Anthropogenic pressure is an important factor accelerating the eutrophication process in many coastal areas of the Caspian Sea. Rapid urbanization along the coastline increases domestic wastewater production and modifies natural drainage patterns. Industrial activities may introduce organic matter, nutrients, suspended solids, hydrocarbons, and other contaminants into coastal environments. Agricultural activities within river catchments contribute nitrogen and phosphorus through fertilizer application and surface runoff. Inadequately treated wastewater may further increase nutrient concentrations in nearshore waters. The cumulative effects of these pressures may be particularly pronounced in semi-enclosed coastal environments where water exchange and pollutant dispersion can be relatively limited.

The ecological assessment of eutrophication therefore requires an integrated approach that combines phytoplankton monitoring with physicochemical and nutrient measurements. Sole reliance on individual water-quality parameters may not adequately characterize the ecological status of a coastal ecosystem because eutrophication is controlled by the interaction of multiple environmental variables. Phytoplankton composition and biomass can provide biological evidence of ecological change, while nutrient concentrations and oxygen conditions provide information about the underlying environmental mechanisms. The integration of these indicators can improve the identification of eutrophication hotspots and provide a more reliable basis for evaluating the ecological condition of coastal waters.

In the context of the Caspian Sea, continuous assessment of coastal eutrophication is particularly important because the sea is subject to substantial environmental pressures while possessing high ecological and socio-economic significance. Its coastal ecosystems support fisheries, biodiversity, recreation, tourism, transportation, and other ecosystem services. Changes in water quality and phytoplankton dynamics may therefore have consequences extending beyond the aquatic environment and affecting human well-being and regional economic activities. Sustainable management of the Caspian coastal zone requires reliable information on nutrient dynamics, phytoplankton responses, water-quality changes, and the spatial distribution of anthropogenic impacts[2].

Against this background, the present study focuses on the assessment of eutrophication processes in the coastal zones of the Caspian Sea through the analysis of phytoplankton dynamics and key water-quality indicators. The study aims to examine the relationship between nutrient enrichment and phytoplankton development, identify major environmental factors influencing phytoplankton community structure, evaluate changes in physicochemical and chemical characteristics of coastal waters, and determine the ecological implications of eutrophication. An integrated assessment of biological and physicochemical indicators is expected to provide a more comprehensive understanding of the current ecological condition of Caspian coastal ecosystems and contribute to the development of scientifically grounded approaches for water-quality monitoring, eutrophication control, biodiversity conservation, and sustainable coastal management.

MATERIALS AND METHODS

The methodological framework of the study was developed to provide an integrated assessment of eutrophication processes, phytoplankton dynamics, and water-quality characteristics in the coastal zones of the Caspian Sea. The research approach combined hydrochemical, biological, ecological, statistical, and comparative methods in order to evaluate the relationship between nutrient enrichment, physicochemical conditions, phytoplankton development, and the ecological status of coastal waters. Particular attention was given to the interaction between anthropogenic nutrient inputs and natural environmental factors, including temperature, salinity, hydrodynamic conditions, freshwater inflow, and seasonal variability. The coastal zone was considered as a dynamic ecological interface where terrestrial inputs and marine processes interact and where changes in water quality may rapidly affect biological communities.

Water samples were considered from representative coastal areas characterized by different levels of anthropogenic influence, including relatively less disturbed coastal sectors, areas affected by urban development, zones influenced by riverine and wastewater inputs, and locations exposed to intensive recreational or industrial activity. Sampling locations were selected to provide spatial representation of the coastal environment and to allow comparison between areas with different environmental conditions. Sampling was designed to account for seasonal variability because phytoplankton abundance and water-quality parameters may change substantially depending on temperature, light availability, freshwater inflow, nutrient availability, and hydrological conditions.

Water samples were collected from the surface layer of the coastal waters using appropriate sterile and chemically clean sampling containers. At each sampling location, environmental conditions were recorded together with the collection of water samples for physicochemical, nutrient, and biological analyses. Where possible, samples were collected during comparable hydrological and meteorological conditions to minimize the influence of short-term variability. Samples intended for chemical analysis were preserved and transported under appropriate conditions, while samples intended for phytoplankton analysis were processed as soon as possible after collection to minimize changes in community composition and abundance.

The physicochemical characteristics of the water were evaluated using standard environmental monitoring procedures. Water temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen, turbidity, and water transparency were considered among the principal parameters characterizing the ecological condition of the coastal environment. Temperature was measured directly at the sampling site, while other parameters were determined using calibrated field instruments or laboratory analytical procedures. Dissolved oxygen was considered an important indicator because eutrophication and subsequent decomposition of excessive organic matter may significantly influence oxygen availability in coastal waters. Turbidity and transparency were used to assess changes in water clarity associated with suspended particles, phytoplankton biomass, and terrestrial runoff.

Particular attention was given to nutrient concentrations because nitrogen and phosphorus are among the principal factors regulating phytoplankton productivity and eutrophication. Concentrations of nitrate, nitrite, ammonium, and phosphate were determined using appropriate standard analytical methods. Where available, total nitrogen and total phosphorus were also considered to provide a broader assessment of nutrient enrichment. The results were interpreted in relation to phytoplankton abundance and biomass in order to determine whether increased nutrient availability corresponded with enhanced primary production. The nutrient data were also compared among sampling locations to identify areas potentially exposed to elevated anthropogenic nutrient inputs.

Organic pollution was assessed using indicators such as biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand, where corresponding measurements were available. These parameters were used to evaluate the potential contribution of organic matter to changes in oxygen conditions and to identify areas potentially influenced by domestic, municipal, industrial, or other wastewater inputs. The relationship between organic pollution and phytoplankton development was considered because increased nutrient and organic matter loads may interact to modify the ecological functioning of coastal waters.

Phytoplankton samples were collected simultaneously with water-quality samples and analyzed to determine taxonomic composition, abundance, biomass, and community structure. Phytoplankton identification was performed using appropriate taxonomic keys and specialized scientific literature. The analysis focused on major phytoplankton groups, including diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria, green algae, and other taxonomic groups characteristic of coastal aquatic environments. The relative contribution of individual taxonomic groups was determined in order to identify dominant organisms and evaluate changes in community structure under different environmental conditions.

Phytoplankton abundance was expressed as the number of cells or organisms per unit volume of water, while biomass was estimated using appropriate morphological or volumetric conversion approaches when sufficient data were available. The relative abundance and dominance of individual taxa were analyzed to identify potential bloom-forming organisms and species associated with nutrient-rich conditions. Particular attention was given to the occurrence of cyanobacteria and other potentially harmful phytoplankton because their proliferation may represent an important ecological consequence of nutrient enrichment and eutrophication. Changes in species composition and dominance were interpreted together with nutrient concentrations, temperature, dissolved oxygen, and other water-quality parameters.

The ecological structure of phytoplankton communities was further evaluated using diversity-related indicators. Species richness, relative abundance, dominance, and diversity indices were considered where the available taxonomic data were sufficient. These indicators were used to assess whether environmental stress and nutrient enrichment were associated with simplification of the phytoplankton community or increased dominance of a limited number of opportunistic taxa. A

reduction in diversity accompanied by increased dominance of bloom-forming or pollution-tolerant organisms was interpreted as a potential indication of ecological disturbance.

The eutrophication status of the coastal waters was assessed using an integrated interpretation of nutrient concentrations, phytoplankton abundance and biomass, chlorophyll-a where available, dissolved oxygen, water transparency, and other relevant physicochemical parameters. Chlorophyll-a was considered an important proxy for phytoplankton biomass and primary productivity because its concentration can provide an integrated indication of the amount of photosynthetic biomass present in the water column. The interpretation of eutrophication was therefore not based on a single indicator but on the combined response of chemical and biological parameters.

Anthropogenic pressures affecting the investigated coastal areas were identified through analysis of land use, population density, urban expansion, wastewater discharge, industrial activities, agricultural influence, port and transport activities, and recreational development. Information on potential nutrient sources was compared with spatial patterns of water quality and phytoplankton development. Areas where high nutrient concentrations, elevated phytoplankton biomass, reduced transparency, or altered oxygen conditions coincided with significant anthropogenic activity were considered potentially vulnerable eutrophication hotspots.

Spatial analysis was applied to identify differences in ecological conditions among coastal sectors. Geographic Information System techniques and available remote-sensing information were considered for evaluating land-use changes, urban expansion, shoreline transformation, vegetation characteristics, and potential pollution sources. Spatial relationships between anthropogenic activities and observed water-quality characteristics were assessed in order to determine whether areas exposed to greater human pressure also demonstrated stronger indications of eutrophication or phytoplankton alteration.

Seasonal dynamics were evaluated by comparing phytoplankton and water-quality parameters among different sampling periods. Particular attention was given to the relationship between temperature, nutrient availability, dissolved oxygen, and phytoplankton abundance. Seasonal increases in phytoplankton biomass were interpreted in the context of environmental conditions rather than being attributed solely to nutrient enrichment. This approach was important because phytoplankton development in the Caspian coastal environment is influenced by multiple interacting factors, including light, temperature, salinity, hydrodynamics, nutrient availability, and biological interactions.

Statistical analysis was used to evaluate relationships among physicochemical parameters, nutrient concentrations, and phytoplankton characteristics. Descriptive statistics were applied to determine mean values, ranges, and variability of the measured parameters. Correlation and comparative analyses were used, where appropriate, to identify associations between nutrient concentrations and phytoplankton abundance or biomass, as well as relationships between phytoplankton characteristics and temperature, salinity, dissolved oxygen, turbidity, and other

environmental variables. The statistical interpretation was designed to distinguish consistent ecological relationships from isolated variations in individual measurements.

An integrated ecological interpretation was subsequently applied to determine the relationship between eutrophication, phytoplankton dynamics, and water quality. The combined analysis of biological and physicochemical indicators allowed potentially eutrophic areas to be distinguished from relatively stable coastal sectors. The approach also provided an opportunity to identify the main environmental factors controlling phytoplankton development and to evaluate the potential contribution of anthropogenic nutrient inputs to observed ecological changes.

Overall, the methodological approach was designed to assess the ecological condition of Caspian coastal waters through the simultaneous consideration of nutrient enrichment, phytoplankton community dynamics, physicochemical water-quality characteristics, and anthropogenic pressures. The integration of biological indicators with hydrochemical and spatial information provides a more reliable basis for identifying eutrophication processes, determining environmentally vulnerable coastal areas, and developing scientifically grounded recommendations for monitoring, pollution reduction, biodiversity conservation, and sustainable management of the Caspian Sea coastal ecosystem.

RESULTS AND DISCUSSION

The integrated assessment of the Caspian Sea coastal environment indicates that eutrophication is a complex and spatially heterogeneous ecological process associated with the interaction of nutrient enrichment, physicochemical water conditions, phytoplankton dynamics, and anthropogenic pressures. The ecological characteristics of the investigated coastal areas were not uniform, and differences in water quality and phytoplankton development can be associated with variations in urbanization intensity, wastewater inputs, riverine influence, industrial activity, hydrodynamic conditions, and the degree of coastal transformation. Areas exposed to stronger anthropogenic influence generally demonstrated greater potential for nutrient accumulation and biological productivity than relatively less disturbed coastal sectors. These observations emphasize that eutrophication in the Caspian coastal zone should be considered as a cumulative environmental process rather than the consequence of a single pollution source.

One of the most important factors determining phytoplankton development was nutrient availability. Increased concentrations of nitrogen and phosphorus compounds create favorable conditions for primary production and may stimulate the growth of phytoplankton when other environmental factors are not limiting. The relationship between nutrient enrichment and phytoplankton abundance is particularly important in coastal waters because nutrient inputs from municipal wastewater, agricultural runoff, industrial discharges, and riverine transport may considerably alter the natural nutrient balance. Consequently, coastal sectors receiving increased anthropogenic nutrient loads may experience enhanced phytoplankton productivity and a greater probability of algal accumulation. However, the response of phytoplankton to nutrient enrichment

was not expected to be linear because temperature, light availability, salinity, water circulation, grazing pressure, and nutrient ratios also regulate phytoplankton growth.

The phytoplankton community represents one of the most sensitive biological components of the coastal ecosystem and can respond rapidly to changes in environmental conditions. The analysis of phytoplankton structure demonstrates the ecological importance of changes in the relative contribution of major taxonomic groups. Diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria, green algae, and other phytoplankton groups may respond differently to variations in temperature, nutrient availability, salinity, and hydrodynamic conditions. Under relatively favorable nutrient conditions, increased abundance of opportunistic and rapidly growing taxa may occur, while environmental stress or changes in nutrient availability may alter the dominance structure of the community. Therefore, changes in phytoplankton composition may provide valuable information about the ecological transformation of coastal waters even when individual physicochemical parameters remain within relatively moderate ranges.

Seasonal variability was also an important determinant of phytoplankton dynamics. Increasing temperature and solar radiation during warmer periods can enhance photosynthetic activity and promote phytoplankton development when sufficient nutrients are available. In contrast, lower temperatures, reduced solar radiation, increased vertical mixing, or nutrient limitation may restrict phytoplankton growth during colder periods. Seasonal changes in freshwater inflow may further modify nutrient availability and salinity, thereby influencing the composition and abundance of phytoplankton communities. The observed ecological relationships therefore indicate that seasonal phytoplankton dynamics in the Caspian coastal zone result from the combined influence of biological, chemical, climatic, and hydrodynamic processes[3].

Water-quality characteristics were closely associated with the ecological state of the coastal environment. Temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, turbidity, and transparency provided important information about the physical and chemical conditions under which phytoplankton communities developed. Increased turbidity and reduced transparency may be associated with suspended particles, riverine inputs, coastal disturbance, and high phytoplankton biomass. At the same time, changes in dissolved oxygen may reflect both physical processes and biological activity. During periods of intensive phytoplankton production, oxygen may increase temporarily as a result of photosynthesis in the illuminated surface layer; however, subsequent decomposition of accumulated organic matter can increase oxygen consumption and contribute to oxygen depletion, particularly under conditions of limited water exchange.

The relationship between eutrophication and dissolved oxygen is therefore particularly important for evaluating the ecological consequences of excessive primary production. Increased phytoplankton biomass does not necessarily represent an immediate deterioration of water quality, but persistent and excessive biomass may increase the amount of organic matter available for microbial decomposition. The decomposition process consumes dissolved oxygen and may produce unfavorable conditions for aquatic organisms. Consequently, eutrophication can create a feedback

mechanism in which nutrient enrichment stimulates phytoplankton growth, increased biomass contributes to organic matter accumulation, decomposition increases oxygen demand, and reduced oxygen availability subsequently affects aquatic biodiversity and ecosystem functioning.

The spatial distribution of potential eutrophication was closely related to the intensity and type of anthropogenic pressure. Urbanized coastal areas are particularly vulnerable because wastewater discharge and surface runoff may introduce considerable quantities of nutrients and organic matter into nearshore waters. Industrial and port-related activities may further contribute to environmental stress through the introduction of suspended solids, organic pollutants, hydrocarbons, and other contaminants. Agricultural activities within the catchments of rivers entering the Caspian Sea may represent an additional source of nitrogen and phosphorus. These pressures can act simultaneously, creating cumulative effects that are considerably more difficult to manage than individual pollution sources.

Riverine influence is particularly significant in determining the nutrient status of coastal waters. Rivers transport dissolved nutrients, suspended sediments, organic matter, and various anthropogenic contaminants from their drainage basins into the Caspian Sea. Consequently, coastal areas located near major river mouths may demonstrate environmental characteristics that differ substantially from open coastal waters. Freshwater inflow may alter salinity and water circulation while simultaneously increasing nutrient availability. The ecological effect of riverine inputs depends on discharge volume, nutrient concentration, seasonal variability, land use within the catchment, and the efficiency of wastewater and agricultural pollution control measures.

Phytoplankton biomass and community structure can therefore be considered useful biological indicators of changing water quality in the Caspian coastal zone. A substantial increase in phytoplankton biomass accompanied by elevated nutrient concentrations, reduced transparency, or altered oxygen conditions may indicate an increasing tendency toward eutrophication. Conversely, relatively stable phytoplankton communities combined with lower nutrient concentrations and favorable oxygen conditions may indicate comparatively better ecological conditions. The integration of biological and physicochemical indicators provides considerably more information than the interpretation of any single parameter.

Particular ecological attention should be given to the potential development of phytoplankton blooms. Excessive proliferation of certain algal groups can alter water transparency, oxygen dynamics, food-web relationships, and habitat quality. Cyanobacterial or other potentially harmful blooms may represent an additional environmental concern because some taxa are capable of producing biologically active compounds and may adversely affect aquatic organisms and, under certain circumstances, human activities associated with coastal waters. Therefore, monitoring should not be limited to total phytoplankton abundance but should also include taxonomic composition and the identification of potentially harmful or bloom-forming organisms.

The results further indicate that phytoplankton diversity and dominance patterns may provide important information about ecological stress. Environmental disturbances can favor a limited number of tolerant and opportunistic taxa, potentially resulting in increased dominance and reduced community evenness. In contrast, more stable environmental conditions may support a more balanced phytoplankton community. However, interpretation of diversity indices should be conducted together with nutrient and physicochemical measurements because a high or low diversity value alone cannot provide definitive evidence of eutrophication. The ecological meaning of community changes depends on the identity of dominant taxa and the environmental conditions under which they occur.

The interaction between eutrophication and climate-related changes may further increase ecological vulnerability in the Caspian coastal zone. Rising water temperatures can influence phytoplankton growth rates, species composition, stratification, nutrient cycling, and oxygen dynamics. Changes in precipitation and river discharge may modify the amount of nutrients transported into coastal waters, while periods of drought may increase nutrient concentrations through reduced dilution and water exchange. Consequently, climate variability may amplify the effects of existing anthropogenic pressures and increase the likelihood of ecological instability in vulnerable coastal areas.

The results emphasize the importance of considering the Caspian Sea coastal zone as an interconnected ecological system. Eutrophication cannot be effectively controlled through isolated measures implemented at individual coastal locations because nutrient inputs may originate from distant terrestrial areas, river catchments, urban centers, and industrial zones. Effective management therefore requires coordination between coastal monitoring, river-basin management, wastewater treatment, agricultural pollution reduction, industrial environmental control, and biodiversity conservation.

The application of spatial monitoring technologies, including Geographic Information Systems and remote sensing, can substantially improve the identification of eutrophication-prone areas. Spatial information can be used to identify changes in coastal land use, urban expansion, vegetation degradation, wastewater discharge points, and other potential sources of nutrient enrichment. When combined with field measurements of phytoplankton and water-quality parameters, such technologies can provide an effective basis for developing spatially explicit ecological risk assessments. Continuous monitoring is particularly important because eutrophication is a dynamic process and its intensity may change considerably between seasons and years.

Overall, the results demonstrate that phytoplankton dynamics, nutrient concentrations, and physicochemical water-quality indicators are closely interconnected and should be evaluated together when assessing the ecological condition of Caspian coastal waters. Anthropogenic nutrient enrichment can increase primary productivity and alter phytoplankton community structure, while excessive phytoplankton development may subsequently influence water transparency, oxygen conditions, and aquatic biodiversity. The ecological consequences become more

pronounced when nutrient enrichment is combined with high temperatures, restricted water exchange, organic pollution, and other environmental pressures.

From an ecological management perspective, the findings support the need for a preventive approach focused primarily on reducing nutrient inputs at their sources. Improvement of municipal and industrial wastewater treatment, reduction of agricultural nutrient losses, protection of river mouths and wetlands, preservation of coastal vegetation, and control of uncontrolled wastewater discharge should be considered among the principal measures for reducing eutrophication risks. At the same time, regular phytoplankton monitoring should be integrated with physicochemical water-quality assessment to provide early warning of ecological deterioration and potentially harmful algal blooms[4].

In general, the integrated assessment confirms that eutrophication in the Caspian Sea coastal zones is driven by the interaction of anthropogenic nutrient enrichment and natural environmental variability. Phytoplankton communities respond rapidly to these changes and therefore represent valuable biological indicators of coastal ecological condition. The simultaneous monitoring of phytoplankton composition and abundance, nutrients, dissolved oxygen, temperature, salinity, turbidity, and other water-quality parameters can provide a scientifically reliable basis for evaluating ecological changes. Strengthening long-term monitoring programs and applying ecosystem-based coastal management approaches are essential for protecting biodiversity, maintaining water quality, reducing eutrophication risks, and ensuring the long-term ecological sustainability of the Caspian Sea.

CONCLUSION

The present study demonstrates that eutrophication in the coastal zones of the Caspian Sea represents a complex and dynamic ecological process resulting from the interaction of nutrient enrichment, phytoplankton dynamics, physicochemical water conditions, hydrological variability, and increasing anthropogenic pressure. The assessment indicates that coastal ecosystems are particularly sensitive to changes in nutrient availability because nitrogen and phosphorus enrichment can stimulate primary production, alter phytoplankton community structure, and increase the probability of excessive algal development. These processes may subsequently affect water transparency, dissolved oxygen conditions, biodiversity, and the overall ecological stability of coastal ecosystems.

Phytoplankton communities were identified as particularly valuable biological indicators of environmental change. Variations in phytoplankton abundance, biomass, taxonomic composition, dominance, and diversity can provide important evidence of changes in nutrient status and ecological conditions. The ecological significance of these biological responses becomes greater when phytoplankton observations are evaluated together with physicochemical parameters such as temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, turbidity, transparency, and concentrations of nitrogen and phosphorus compounds. Such an integrated approach provides a more reliable assessment of eutrophication than the use of individual water-quality indicators.

The study also highlights the importance of seasonal and spatial variability in determining the intensity of eutrophication processes. Changes in temperature, solar radiation, freshwater inflow, nutrient availability, water circulation, and stratification can substantially influence phytoplankton development. At the same time, urbanization, wastewater discharge, industrial activity, agricultural runoff, coastal construction, and other anthropogenic pressures may intensify nutrient loading and ecological stress. The combined influence of these factors can increase the vulnerability of particular coastal sectors to eutrophication and phytoplankton blooms.

An important ecological implication of eutrophication is the potential alteration of oxygen dynamics. Intensive phytoplankton production may initially increase oxygen availability in surface waters through photosynthetic activity; however, the subsequent decomposition of accumulated organic matter can increase oxygen consumption and contribute to oxygen depletion. Persistent changes of this type may negatively affect aquatic organisms, modify food-web relationships, and reduce ecosystem resilience. Therefore, eutrophication should be regarded not only as a problem of excessive phytoplankton production but also as a process capable of influencing the broader functioning and ecological balance of coastal ecosystems.

The findings emphasize the necessity of strengthening long-term environmental monitoring throughout the Caspian coastal zone. Regular measurements of nutrient concentrations, chlorophyll-a, phytoplankton abundance and composition, dissolved oxygen, temperature, salinity, turbidity, and other relevant parameters should be integrated into a unified monitoring framework. The incorporation of GIS, remote sensing, and other spatial technologies can further improve the identification of eutrophication-prone areas and facilitate the assessment of relationships between coastal land use, pollution sources, and aquatic ecosystem responses.

Effective eutrophication control requires preventive management focused on reducing nutrient inputs at their sources. Improvement of municipal and industrial wastewater treatment, reduction of agricultural nutrient losses, protection of river mouths and coastal wetlands, regulation of industrial and recreational activities, and prevention of untreated wastewater discharge are essential measures for reducing ecological pressure. Because many nutrient sources are connected through river basins and coastal processes, management strategies should also involve coordinated monitoring and cooperation among relevant environmental institutions and stakeholders.

Overall, the study confirms that the ecological condition of the Caspian Sea coastal zone can be effectively evaluated through the integrated analysis of eutrophication indicators, phytoplankton dynamics, and water-quality characteristics. Sustainable management of the coastal environment requires the combination of scientific monitoring, reduction of anthropogenic nutrient inputs, protection of biodiversity, and ecosystem-based management. Continuous assessment of phytoplankton communities and physicochemical water parameters can provide an important early-warning mechanism for ecological deterioration and support the development of scientifically justified strategies for maintaining the long-term environmental sustainability and ecological resilience of the Caspian Sea.

References

1. Kunze, C., Gerhard, M., Jacob, M. M., Franke, N. A., Schröder, M., et al. (2022). Phytoplankton community performance depends on the frequency of temperature fluctuations. Frontiers in Marine Science, 8, 812902. Lahijani, H. A. K., Ghaffari, P., Leroy, S. A. G., Naderi Beni, A., Yakushev, E. V., Abtahi, B., Saleh, A., & Behravesh, M. (2024). A note on the silent decline of the Caspian environment. Marine Pollution Bulletin, 205, 116551.
2. Maleki, P., Rahman, P., Jafaryan, H., Salmanmahiny, A., Ghorbani, R., Gholizadeh, M., & Harsij, M. (2024). Spatial and temporal distribution of physicochemical parameters of water in Gorgan Bay (the southeast of the Caspian Sea–Iran): Fundamentals for the monitoring of the Caspian Sea coastal areas. Marine Pollution Bulletin, 205, 116236.
3. Mokarram, M., Pourghasemi, H. R., & Pham, T. M. (2023). An applicability test of the conventional and neural network methods to map the overall water quality of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 194, 115077.
4. Poorasadollah, S., Shoaei, Z., Shariat Jafari, M., & Sorbi, A. (2025). Ecohydrological impacts of Manjil Dam flushing on the downstream Sefidrud River and two coastal lagoons of the Southern Caspian Sea. Ecohydrology & Hydrobiology, 25(4), 100680.
5. Ramazanova, E., Bahetnur, Y., Yessenbayeva, K., Lee, S. H., & Lee, W. (2022). Spatiotemporal evaluation of water quality and risk assessment of heavy metals in the northern Caspian Sea bounded by Kazakhstan. Marine Pollution Bulletin, 181, 113879.

INTEGRATED ECOLOGICAL MANAGEMENT OF WATER RESOURCES UNDER ANTHROPOGENIC PRESSURES IN TRANSBOUNDARY RIVER BASINS

Balakhanova Gumru Vasif
PhD
https://orcid.org/0000-0002-1709-1442
Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

ABSTRACT

Transboundary river basins represent complex socio-ecological systems in which water resources, ecosystems, human activities, and political interests are closely interconnected. The ecological condition and long-term sustainability of such basins are increasingly threatened by intensive water abstraction, agricultural activities, urbanization, industrial development, wastewater discharge, mining, hydraulic regulation, land-use transformation, and climate change. This study examines the ecological management of water resources in transboundary river basins with particular emphasis on the cumulative effects of anthropogenic pressures and the need for integrated environmental governance. The assessment considers hydrological characteristics, water quality, pollution dynamics, biodiversity, land-use changes,

riparian ecosystem condition, and climate-related pressures as interconnected components of basin-scale ecological management. The analysis demonstrates that anthropogenic impacts are spatially and temporally heterogeneous and may accumulate along river systems, producing significant downstream effects on water quality, aquatic habitats, biodiversity, and ecosystem services. Climate change further increases ecological vulnerability by modifying precipitation patterns, river discharge, drought frequency, and pollutant concentrations. The findings indicate that effective management requires maintaining environmental flows, reducing pollution at its sources, improving wastewater treatment, promoting efficient water use, restoring degraded ecosystems, and protecting riparian zones. Harmonized monitoring systems, transboundary data exchange, GIS and remote sensing technologies, and coordinated institutional mechanisms are also essential for effective decision-making. The study concludes that sustainable management of transboundary water resources should be based on an integrated, ecosystem-based, adaptive, and cooperative approach that recognizes shared water resources as interconnected socio-ecological systems. Strengthening cooperation among riparian countries can contribute to biodiversity conservation, water security, ecosystem resilience, and sustainable socio-economic development.

Keywords: transboundary river basins, integrated water resources management, anthropogenic pressure, water quality, ecological management, climate change, biodiversity, environmental flows, transboundary cooperation, ecosystem resilience.

INTRODUCTION

Transboundary river basins constitute complex socio-ecological systems in which hydrological processes, ecosystem functions, economic activities, and political interests intersect across national boundaries. Rivers that cross or form international borders connect upstream and downstream territories through a common hydrological network, making the ecological condition and availability of water resources in one country directly or indirectly dependent on activities undertaken in another. More than half of the world's freshwater flow occurs within transboundary river and lake basins, while a substantial proportion of the global population depends on water resources shared by two or more countries. Consequently, the sustainable management of transboundary water resources has become an increasingly important component of environmental security, sustainable development, climate adaptation, and regional cooperation.

The ecological integrity of transboundary river basins is determined by the interaction of natural hydrological processes and anthropogenic pressures. Under natural conditions, river ecosystems perform a wide range of ecological functions, including nutrient cycling, sediment transport, groundwater recharge, habitat provision, biological productivity, and maintenance of aquatic biodiversity. However, intensive human activities have substantially modified these processes. Population growth, urbanization, industrialization, agricultural intensification, infrastructure development, mining, energy production, wastewater discharge, excessive water abstraction, and land-use transformation exert cumulative pressure on freshwater

ecosystems. When such pressures occur in upstream areas, their ecological consequences may propagate downstream across national borders, creating interconnected environmental and socio-economic risks.

One of the most significant challenges in transboundary river basin management is the unequal distribution of water resources and associated benefits among riparian countries. Upstream states frequently possess greater opportunities to regulate river flows through dams, reservoirs, irrigation systems, hydropower facilities, and water diversion projects, whereas downstream states may experience changes in water quantity, seasonal flow regimes, sediment transport, and water quality. Such asymmetries can intensify competition over water resources, particularly in regions characterized by water scarcity, rapid population growth, and high dependence on agriculture. Therefore, effective transboundary water governance requires mechanisms capable of balancing the legitimate needs of different riparian states while maintaining the ecological functioning of river systems[1].

Anthropogenic modification of natural river flow represents a particularly important environmental pressure. The construction and operation of dams and reservoirs can alter the magnitude, timing, frequency, and duration of natural flows. Although hydraulic infrastructure provides important socio-economic benefits, including electricity generation, irrigation, flood control, and water supply, substantial alteration of flow regimes may affect aquatic habitats, fish migration, sediment dynamics, floodplain connectivity, and downstream ecosystem productivity. The cumulative impact of multiple hydraulic structures within a single transboundary basin may be particularly complex because environmental effects generated in upstream territories can accumulate as water moves downstream.

Agricultural activities constitute another major source of anthropogenic pressure on transboundary river systems. Irrigated agriculture is one of the largest consumers of freshwater globally, and inefficient irrigation practices can significantly increase water losses and reduce downstream availability. At the same time, agricultural runoff may introduce nitrogen, phosphorus, pesticides, suspended sediments, and other pollutants into surface waters. Excessive nutrient loading can stimulate eutrophication, resulting in algal blooms, oxygen depletion, changes in aquatic community composition, and deterioration of water quality. Because rivers transport pollutants across administrative boundaries, agricultural pollution cannot be effectively addressed solely through national-level management strategies.

Industrialization and urban development further increase the ecological vulnerability of transboundary river basins. Industrial wastewater may contain heavy metals, hydrocarbons, persistent organic pollutants, nutrients, and other hazardous substances that can accumulate in sediments and aquatic organisms. Rapid urbanization contributes to increased wastewater generation, impervious surface expansion, stormwater runoff, and solid-waste accumulation. Inadequately treated municipal wastewater introduces organic matter, nutrients, pathogens, pharmaceuticals, microplastics, and emerging contaminants into river systems. The combination of multiple pollution sources can produce cumulative and synergistic

effects that are difficult to identify and manage using conventional monitoring approaches.

Mining and extractive industries may also generate substantial environmental risks within transboundary watersheds. Soil disturbance, excavation, tailings accumulation, acid mine drainage, and the mobilization of potentially toxic elements can alter the chemical characteristics of both surface and groundwater. Heavy metals such as lead, cadmium, mercury, chromium, copper, and arsenic may persist in aquatic environments and accumulate in sediments and biological tissues. When contaminated waters are transported downstream, environmental impacts may extend beyond the jurisdiction where the pollution originated. This characteristic demonstrates why transboundary water management should incorporate pollution prevention and source-control mechanisms rather than relying exclusively on downstream remediation.

Climate change introduces an additional layer of complexity to transboundary river basin management. Increasing temperatures, changing precipitation patterns, prolonged droughts, extreme rainfall events, accelerated glacier and snowmelt, and increasing evapotranspiration can significantly modify hydrological regimes. Climate-induced changes in river discharge may intensify competition among domestic, agricultural, industrial, and ecological water demands. At the same time, extreme floods can increase erosion, sediment transport, pollutant mobilization, and damage to water infrastructure. In water-scarce regions, the interaction between climate change and anthropogenic water demand may significantly increase ecological and geopolitical vulnerability[2].

The ecological consequences of anthropogenic pressure are not limited to water quantity and chemical quality. Changes in hydrological regimes and habitat structure may reduce aquatic biodiversity and disrupt ecological connectivity. Alterations in temperature, dissolved oxygen, nutrient availability, flow velocity, and sediment characteristics can influence the distribution and abundance of microorganisms, plankton, benthic organisms, fish, aquatic plants, and riparian vegetation. Habitat fragmentation caused by dams, channel modification, embankments, and urban development can further reduce the resilience of aquatic ecosystems. Consequently, assessment of transboundary river basin health requires an ecosystem-based perspective that considers biological, chemical, hydrological, and geomorphological indicators simultaneously.

In this context, integrated water resources management (IWRM) provides an important conceptual framework for addressing the complex interactions between water availability, ecosystem integrity, economic development, and social well-being. Integrated management emphasizes the coordinated development and management of water, land, and related resources while seeking to maximize social and economic benefits without compromising the sustainability of ecosystems. However, implementation of IWRM in transboundary basins is considerably more complicated than within national river systems because management decisions involve multiple governments, legal frameworks, institutions, stakeholder groups, and socio-economic priorities.

Effective transboundary river basin governance therefore requires cooperation among riparian states based on principles of equitable and reasonable utilization, prevention of significant transboundary harm, information exchange, joint monitoring, coordinated planning, and ecosystem protection. International water agreements and basin-level institutions can provide mechanisms for establishing common objectives, harmonizing monitoring methodologies, sharing hydrological information, and coordinating responses to pollution incidents, droughts, and floods. Nevertheless, the effectiveness of such mechanisms depends on political commitment, institutional capacity, transparency, scientific cooperation, and the availability of reliable environmental data.

An important limitation of conventional water management approaches is the fragmentation of environmental information. Water quantity, water quality, biodiversity, land use, pollution sources, and socio-economic indicators are frequently monitored independently by different institutions. Differences in monitoring methods, sampling frequencies, analytical standards, and data-access policies can make cross-border comparison difficult. Integrated environmental monitoring can overcome some of these limitations by combining hydrological measurements with physicochemical, biological, microbiological, remote-sensing, geographic information system (GIS), and socio-economic data. Such approaches enable more comprehensive identification of environmental pressures and facilitate the assessment of cumulative impacts across entire river basins.

Modern digital technologies provide new opportunities for improving the ecological management of transboundary waters. Geographic information systems, satellite remote sensing, unmanned aerial vehicles, automated sensors, environmental databases, artificial intelligence, and machine-learning approaches can contribute to continuous monitoring and spatial analysis of river basin conditions. Remote sensing can be used to assess changes in land cover, water surface area, vegetation condition, sediment loads, and certain water-quality parameters. GIS-based approaches facilitate the spatial identification of pollution sources, vulnerable ecosystems, areas of high anthropogenic pressure, and zones requiring restoration or conservation measures. When combined with field-based observations, these technologies can strengthen early-warning systems and support evidence-based environmental decision-making.

The concept of ecological security is particularly relevant to transboundary water resources. Water insecurity may emerge when water availability, quality, and ecosystem services become insufficient to support human populations and ecological processes. In transboundary basins, ecological insecurity can be amplified because environmental risks are distributed unevenly among upstream and downstream territories. Consequently, water management should move beyond a narrow emphasis on water extraction and infrastructure development toward a broader understanding of water as an ecological resource and a component of regional environmental security.

The need for integrated management is especially pronounced in regions where river basins support densely populated settlements, intensive agriculture, industrial complexes, energy infrastructure, and ecologically sensitive habitats simultaneously.

In such settings, anthropogenic pressures rarely occur independently. Rather, they interact through cumulative processes. For example, reduced river discharge caused by water abstraction may decrease the dilution capacity of a river, thereby increasing the ecological significance of pollutant inputs. Elevated water temperatures associated with climate change can simultaneously reduce dissolved oxygen concentrations and increase the sensitivity of aquatic organisms to pollution. Similarly, habitat fragmentation may reduce ecosystem resilience and amplify the effects of drought and contamination. Therefore, environmental assessment should focus not only on individual stressors but also on their interactions and cumulative effects.

From an ecological management perspective, maintaining environmental flows is another fundamental requirement for sustainable transboundary river systems. Environmental flows represent the quantity, timing, and quality of freshwater flows necessary to sustain aquatic ecosystems and the human livelihoods that depend on them. Incorporating environmental-flow requirements into water allocation frameworks can help reconcile human water use with ecosystem conservation. However, determining appropriate environmental flows in transboundary basins requires hydrological modelling, ecological assessment, stakeholder participation, and cooperation among riparian countries.

Restoration and nature-based approaches can further contribute to improving the ecological condition of degraded transboundary rivers. Restoration of riparian vegetation, reconnection of floodplains, rehabilitation of wetlands, reduction of diffuse agricultural pollution, improvement of wastewater treatment, sediment management, and restoration of aquatic habitats can increase ecosystem resilience. Nature-based solutions may simultaneously support biodiversity conservation, flood regulation, water purification, carbon sequestration, and climate adaptation. Their effectiveness, however, depends on basin-scale planning and the coordination of measures across political boundaries.

A scientifically grounded assessment of transboundary river basins should therefore integrate several complementary dimensions: hydrological regime, water quality, biodiversity, land-use dynamics, pollution loads, ecosystem services, climate vulnerability, and socio-economic dependence on water resources. Such an integrated approach enables identification of major anthropogenic pressures, assessment of their spatial and temporal distribution, determination of ecological risks, and development of appropriate management strategies. Importantly, the basin rather than the political boundary should constitute the fundamental spatial unit of ecological assessment, because natural hydrological processes do not conform to administrative borders[3].

The management of transboundary water resources is consequently not merely an environmental issue but a multidisciplinary challenge involving ecology, hydrology, environmental chemistry, geography, economics, public policy, international law, and social sciences. Sustainable outcomes depend on the integration of scientific knowledge with effective governance mechanisms and participatory decision-making. Strengthening cooperation among riparian countries, improving data sharing, harmonizing environmental standards, establishing joint monitoring systems,

protecting environmental flows, reducing pollution at its source, and implementing ecosystem-based restoration measures are essential components of long-term transboundary water security.

Against this background, the present study focuses on the integrated ecological management of water resources in transboundary river basins and the assessment of major anthropogenic pressures affecting their ecological stability. Particular attention is given to the interactions among water abstraction, hydrological regulation, agricultural and industrial pollution, urbanization, land-use change, biodiversity loss, and climate-related pressures. The study considers the importance of basin-scale environmental monitoring and integrated management approaches for maintaining water quality, ecological integrity, biodiversity, and sustainable water availability. By emphasizing the interconnected nature of hydrological and ecological processes across political boundaries, the research seeks to contribute to the development of scientifically based and environmentally sustainable strategies for transboundary river basin management.

MATERIALS AND METHODS

The methodological framework of this study was developed to provide an integrated assessment of ecological management in transboundary river basins and to identify the major anthropogenic factors influencing water resources, aquatic ecosystems, and environmental sustainability. The research was based on an interdisciplinary approach combining hydrological, hydrochemical, ecological, geographical, and socio-environmental assessment methods. Particular attention was given to the interaction between natural hydrological processes and anthropogenic activities occurring throughout the river basin, as well as to the potential transfer and accumulation of environmental impacts across national boundaries. The methodological approach considered the river basin as a single interconnected socio-ecological system in which changes occurring in upstream areas may influence water quality, ecological conditions, and resource availability in downstream territories.

The assessment of the ecological condition of the transboundary river basin was based on available hydrological, hydrochemical, ecological, land-use, and climatic information. Relevant scientific publications, governmental reports, environmental monitoring materials, international databases, and publicly available spatial datasets were reviewed and used to characterize the environmental conditions of the basin. Information concerning river discharge, seasonal variations in water availability, precipitation, temperature, water abstraction, wastewater discharge, agricultural activities, industrial development, urbanization, and land-use transformation was analyzed in order to identify the principal environmental pressures affecting the river system. The available information was compared across different sections of the basin to determine spatial variations in ecological conditions and to identify areas potentially exposed to increased anthropogenic pressure.

Hydrological assessment focused on the analysis of river flow characteristics, seasonal discharge variability, water availability, and the influence of anthropogenic water abstraction and hydraulic infrastructure. Changes in the natural flow regime

associated with dams, reservoirs, irrigation systems, and other water-regulation structures were considered in the assessment. Particular attention was paid to the relationship between water quantity and ecological functioning, since substantial reductions in river discharge may decrease the dilution capacity of the aquatic environment and consequently increase the concentration of pollutants. The concept of environmental flow was therefore incorporated into the assessment as an important indicator of the ability of the river ecosystem to maintain its ecological functions and biodiversity.

Water quality assessment was conducted using physicochemical and chemical parameters commonly applied in the ecological evaluation of freshwater ecosystems. The analysis included parameters such as water temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total suspended solids, nutrients, and selected heavy metals where corresponding data were available. Nitrogen and phosphorus compounds were considered particularly important indicators of agricultural and municipal pollution because their excessive accumulation may contribute to eutrophication and deterioration of aquatic ecosystem quality. The assessment also considered the potential influence of industrial and mining activities on the accumulation of potentially toxic elements in water and sediments.

Anthropogenic pressures were identified and classified according to their principal sources and ecological effects. Agricultural activities were evaluated in relation to fertilizer and pesticide application, irrigation, soil erosion, and surface runoff. Urban pressures included population growth, expansion of built-up areas, domestic wastewater generation, inadequate wastewater treatment, and increased water consumption. Industrial and mining pressures were considered in relation to wastewater discharge, chemical pollutants, heavy metals, sediment disturbance, and alteration of natural landscapes. Hydraulic infrastructure was assessed in terms of its potential influence on river connectivity, sediment transport, natural flow regimes, and aquatic habitats. The cumulative nature of these pressures was considered because multiple stressors may interact and produce ecological effects that are considerably greater than those generated by individual pressures.

Ecological assessment included consideration of aquatic biodiversity, habitat quality, riparian vegetation, and the general ecological integrity of river ecosystems. Biological indicators were used, where available, to identify changes in ecological conditions associated with pollution and habitat modification. The occurrence and distribution of pollution-sensitive and pollution-tolerant organisms were considered as supplementary indicators of changes in water quality. Particular attention was given to the condition of riparian ecosystems because vegetation along riverbanks plays an important role in reducing nutrient and sediment transport, stabilizing riverbanks, providing habitat, and maintaining ecological connectivity.

Spatial analysis was applied to evaluate the distribution of anthropogenic pressures and their relationship with ecological conditions. Geographic Information System (GIS) techniques and remote sensing data were considered useful for

identifying changes in land use and land cover, urban expansion, agricultural areas, industrial zones, mining locations, vegetation degradation, and other environmental hotspots. Spatial information was integrated with hydrological and environmental data to determine areas where several anthropogenic pressures occur simultaneously. Such areas were interpreted as zones of increased ecological vulnerability and were considered priority locations for environmental monitoring and management interventions.

An integrated assessment approach was used to characterize the cumulative anthropogenic pressure on the river basin. Individual environmental indicators were standardized where necessary to ensure comparability between parameters measured on different scales. The relative contribution of water abstraction, pollution, land-use change, industrial activity, agricultural pressure, habitat modification, and other stressors was then evaluated. The resulting integrated assessment was used to distinguish relatively stable areas from locations characterized by elevated environmental pressure. This approach allowed the ecological condition of the river basin to be interpreted not only through individual water-quality parameters but also through the combined influence of multiple anthropogenic factors.

The transboundary dimension of environmental impacts was assessed by considering the upstream–downstream relationship of hydrological and pollution processes. Potential movement of pollutants, changes in water quantity, sediment transport, and ecological impacts across national boundaries were evaluated conceptually and, where appropriate, through available monitoring information. Particular emphasis was placed on the fact that downstream territories may experience environmental consequences generated by activities located outside their administrative boundaries. Therefore, the assessment incorporated the principle that effective management of shared river systems requires coordinated consideration of the entire basin rather than independent management of individual national sections.

Climate-related factors were also incorporated into the methodological framework because changes in temperature, precipitation, drought frequency, and extreme hydrological events may modify both water availability and ecosystem vulnerability. Historical and available projected climatic information was considered in relation to potential changes in river discharge, water demand, pollutant concentration, and ecosystem resilience. Climate change was therefore treated as a factor capable of intensifying existing anthropogenic pressures rather than as an isolated environmental stressor.

The analysis of environmental management approaches focused on the principles of Integrated Water Resources Management, ecosystem-based management, adaptive management, environmental flow maintenance, pollution prevention, ecological restoration, and transboundary cooperation. Existing management practices were evaluated according to their potential to reduce cumulative anthropogenic pressures and improve ecological resilience. Particular attention was given to joint monitoring, standardized environmental indicators, transboundary data exchange, coordinated

pollution control, sustainable water allocation, and protection of aquatic and riparian ecosystems.

Statistical and comparative approaches were used to identify relationships between anthropogenic pressures and environmental indicators. Where numerical datasets were available, descriptive statistics were used to characterize variations in hydrological and water-quality parameters, while comparative analysis was applied to distinguish differences between upstream, intermediate, and downstream sections of the river basin. Spatial and temporal patterns were interpreted in relation to land-use changes, water abstraction, pollution sources, climatic variability, and ecological conditions. The combination of quantitative and qualitative approaches allowed the environmental characteristics of the transboundary river basin to be evaluated from an integrated perspective.

Overall, the methodological framework was designed to connect environmental pressures with their ecological consequences and to identify management measures capable of reducing cumulative risks. The integration of hydrological, hydrochemical, ecological, spatial, climatic, and socio-environmental information provided a comprehensive basis for assessing the sustainability of transboundary water resources. This approach also enabled the identification of priority environmental problems and supported the development of management recommendations aimed at maintaining water quality, protecting biodiversity, improving ecosystem resilience, and strengthening cooperation among countries sharing the same river basin.

RESULTS AND DISCUSSION

The integrated assessment of water resources in transboundary river basins demonstrates that the ecological condition of shared river systems is determined by a complex interaction of hydrological, chemical, biological, climatic, and anthropogenic factors. The results of the assessment indicate that anthropogenic pressures are not spatially uniform throughout a river basin. Instead, their intensity generally increases in areas characterized by intensive agriculture, urban development, industrial activity, water abstraction, and hydraulic regulation. These pressures may accumulate along the river continuum and consequently produce ecological effects that extend beyond the territory where the original pressure occurred.

One of the most important findings is the strong relationship between changes in water availability and increasing anthropogenic demand. Surface-water abstraction for irrigation, domestic consumption, industrial production, and energy generation can substantially modify the natural hydrological regime of transboundary rivers. In particular, intensive water withdrawal during dry and warm periods may reduce downstream discharge and consequently decrease the capacity of the river to dilute pollutants. Reduced discharge may therefore have a dual environmental effect: it directly decreases the availability of water for downstream ecosystems and indirectly increases the concentration and ecological significance of pollutants entering the river.

Hydrological regulation associated with dams and reservoirs represents another major factor influencing ecological conditions. Although hydraulic infrastructure provides important benefits for water supply, irrigation, flood protection, and

hydropower production, alteration of the natural flow regime may disrupt the ecological processes that depend on seasonal fluctuations in river discharge. Changes in the timing and magnitude of high- and low-flow events can influence sediment transport, floodplain inundation, groundwater interactions, aquatic habitat structure, and biological productivity. In transboundary systems, these effects are particularly significant because modifications implemented in upstream areas may alter the environmental conditions experienced by downstream ecosystems and communities.

The assessment also demonstrates that agricultural activity represents an important diffuse source of environmental pressure. Irrigated agriculture increases water consumption, while fertilizers and pesticides can be transported from agricultural land into rivers through surface runoff and drainage systems. Nutrient enrichment associated with nitrogen and phosphorus compounds may contribute to eutrophication, particularly where river flow is insufficient to maintain effective dilution. Excessive nutrient availability can stimulate algal and aquatic plant growth and subsequently contribute to fluctuations in dissolved oxygen. Such changes may negatively affect fish, macroinvertebrates, microorganisms, and other components of aquatic biodiversity[4].

The ecological significance of agricultural pollution becomes greater when combined with urban and industrial wastewater inputs. Municipal wastewater can introduce organic matter, nutrients, suspended solids, pathogens, pharmaceuticals, and other emerging contaminants into aquatic ecosystems. Industrial discharges may contain heavy metals, hydrocarbons, toxic organic compounds, and other substances with potentially persistent ecological effects. The simultaneous occurrence of several contaminant groups may result in cumulative pressure that cannot be adequately characterized by evaluating individual pollutants separately.

Water-quality deterioration is therefore best interpreted through an integrated assessment of physicochemical and biological parameters. Changes in pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, turbidity, suspended solids, and nutrient concentrations provide important evidence of changing environmental conditions. Elevated organic pollution is generally associated with increased oxygen demand, whereas reduced dissolved oxygen can indicate increased microbial decomposition and organic loading. Persistent nutrient enrichment, particularly when combined with low-flow conditions and elevated temperatures, may increase the probability of eutrophication and ecological imbalance.

Another important result concerns the spatial differentiation of environmental pressure along the river continuum. Upstream sections located away from intensive human activity may retain comparatively greater ecological integrity, whereas middle and downstream sections frequently receive cumulative inputs from settlements, agricultural areas, industrial facilities, tributaries, and wastewater sources. Consequently, downstream ecosystems may be exposed not only to local pressures but also to pollutants and hydrological modifications originating upstream. This confirms the necessity of applying a basin-wide approach to environmental assessment.

The transboundary character of the studied system considerably increases the complexity of environmental management. A pollutant introduced into an upstream section may be transported over considerable distances and affect water quality in downstream territories. Similarly, changes in upstream water abstraction or reservoir operation may influence downstream environmental flows. The results therefore support the concept that transboundary water management should be based on hydrological connectivity rather than political boundaries. Nationally isolated management approaches are unlikely to provide adequate protection for ecosystems whose ecological processes operate across borders.

The assessment of potentially toxic elements is particularly important in river basins affected by industrial and mining activities. Heavy metals such as lead, cadmium, mercury, chromium, arsenic, copper, and zinc may enter aquatic systems through industrial wastewater, mining drainage, atmospheric deposition, urban runoff, and erosion of contaminated soils. Unlike many biodegradable organic pollutants, metals may persist in sediments and become available for uptake by aquatic organisms under changing environmental conditions. Their accumulation can create long-term ecological risks even when concentrations in the water column fluctuate considerably.

Sediments should therefore be considered an important component of transboundary pollution assessment. River sediments can act simultaneously as sinks and secondary sources of contaminants. During periods of high discharge, floods, channel disturbance, or changes in physicochemical conditions, previously accumulated contaminants may be remobilized and transported downstream. This process creates a delayed environmental effect in which historical pollution can continue to influence ecological conditions even after the original pollutant input has been reduced.

The biological component of the assessment further demonstrates that chemical measurements alone are insufficient for determining the ecological condition of a river ecosystem. Aquatic organisms integrate environmental changes over different time scales and may therefore provide evidence of chronic or cumulative stress that is not always apparent from individual water samples. A reduction in sensitive taxa and an increase in pollution-tolerant organisms may indicate deterioration of habitat and water quality. Conversely, relatively high biological diversity and the presence of sensitive organisms may reflect better ecological integrity.

Changes in biodiversity are particularly important because anthropogenic pressures can affect not only individual species but also the structure and functioning of entire aquatic communities. Habitat fragmentation, altered flow regimes, pollution, invasive species, excessive water abstraction, and loss of riparian vegetation can interact to reduce ecological resilience. When several stressors occur simultaneously, ecosystems may become less capable of recovering from droughts, floods, pollution events, and other disturbances.

Riparian ecosystems are especially vulnerable to anthropogenic transformation. Removal of riparian vegetation for agriculture, construction, transportation infrastructure, and urban expansion can increase bank erosion, sediment loading, water

temperature, and nutrient transport. In contrast, intact riparian vegetation can provide important ecosystem services by stabilizing riverbanks, filtering pollutants, providing habitat, regulating microclimatic conditions, and supporting ecological connectivity. Therefore, protection and restoration of riparian zones should be considered an essential component of transboundary river management.

Spatial analysis further indicates that anthropogenic pressure should be evaluated in relation to land-use structure. Areas characterized by intensive agricultural production, dense urbanization, industrial infrastructure, and extensive transportation networks generally have a higher potential for multiple environmental pressures. The simultaneous presence of several pressure sources increases the probability of cumulative ecological effects. GIS-based mapping is therefore particularly useful for identifying environmental hotspots and prioritizing monitoring and restoration activities.

The Integrated Anthropogenic Pressure Index provides a conceptual basis for comparing the relative intensity of environmental pressures among different sections of a transboundary basin. Areas with high values are expected to correspond to locations where several stressors occur simultaneously, such as intensive water abstraction combined with agricultural runoff, wastewater discharge, and urban development. These areas should receive priority in environmental monitoring, pollution prevention, ecological restoration, and water-management planning.

An important finding of the integrated assessment is that anthropogenic pressures are closely interconnected. For example, climate-induced reductions in precipitation may increase water scarcity, which can stimulate additional water abstraction. Reduced river discharge then decreases the dilution capacity of the river and may increase pollutant concentrations. At the same time, increasing water temperature can intensify biological and chemical processes associated with eutrophication and oxygen depletion. Thus, climate change should not be considered an isolated pressure but rather a factor capable of amplifying the effects of existing anthropogenic disturbances.

Climate change is also expected to increase variability in the hydrological regime. More frequent droughts may reduce environmental flows, while intense precipitation events can increase surface runoff, erosion, sediment transport, and the rapid mobilization of agricultural and urban contaminants. Such contrasting hydrological extremes create additional challenges for transboundary water governance because management systems must simultaneously address water scarcity and flood-related risks.

The results highlight the importance of maintaining environmental flows as an essential component of integrated ecological management. Water allocation systems that focus exclusively on human consumption may fail to maintain the minimum hydrological conditions necessary for aquatic ecosystems. Environmental-flow requirements should therefore be incorporated into decisions concerning irrigation, domestic water supply, hydropower generation, and reservoir operation. Such an approach can help maintain ecological connectivity, aquatic habitats, sediment transport, and biological productivity while supporting sustainable human water use.

The findings also emphasize that pollution prevention is generally more effective than downstream remediation. Measures such as improving wastewater treatment, reducing excessive fertilizer application, promoting efficient irrigation technologies, controlling industrial emissions, managing mining wastes, protecting riparian vegetation, and reducing urban runoff can substantially decrease pollutant loads entering river systems. Because pollution crosses political boundaries, source-control measures should be coordinated among riparian countries.

Joint environmental monitoring is another fundamental requirement identified by the study. Differences in sampling protocols, analytical methods, monitoring frequency, and environmental standards can complicate the comparison of water-quality data between countries. Establishing harmonized monitoring systems would improve the reliability of transboundary environmental assessments and facilitate early detection of pollution events. Shared databases and systematic exchange of hydrological and ecological information would further strengthen scientific cooperation.

The results support the application of modern technologies, including GIS, satellite remote sensing, automated sensors, unmanned aerial systems, and artificial intelligence, in transboundary environmental monitoring. These tools can improve the spatial and temporal resolution of environmental observations and help identify changes that may remain undetected through conventional field surveys. Remote sensing is particularly valuable for monitoring land-use transformation, riparian degradation, water-surface changes, vegetation condition, and other landscape-level indicators.

From a governance perspective, the findings indicate that successful transboundary water management requires a shift from fragmented sectoral management toward integrated basin-scale governance. Water resources should be considered together with land use, biodiversity, agriculture, energy production, urban development, and climate adaptation. Such integration can reduce conflicts between competing water uses and improve the ability of institutions to respond to cumulative environmental pressures.

The discussion further demonstrates that ecological sustainability and socio-economic development should not be treated as mutually exclusive objectives. Healthy river ecosystems provide essential ecosystem services, including water purification, fisheries, agricultural support, flood regulation, recreation, and biodiversity conservation. Degradation of these ecosystems can consequently generate significant economic and social costs. Investment in ecological restoration, pollution prevention, efficient water use, and joint monitoring should therefore be considered not only environmental measures but also long-term investments in regional sustainability and water security.

Overall, the results indicate that the ecological condition of transboundary river basins is shaped by cumulative and interacting pressures rather than by a single environmental factor. Water abstraction, hydraulic regulation, agricultural runoff, industrial and municipal pollution, land-use change, biodiversity loss, and climate variability can reinforce one another and increase ecological vulnerability. The complexity of these interactions demonstrates the limitations of isolated national or sector-specific management approaches.

The study consequently supports an integrated management model based on five interconnected principles: maintaining ecological flows, reducing pollution at its source, protecting and restoring aquatic and riparian ecosystems, strengthening joint transboundary monitoring, and improving cooperation among riparian states. Such an approach can contribute to maintaining water quality and quantity, protecting biodiversity, increasing ecosystem resilience, and reducing environmental risks associated with anthropogenic and climate-related pressures.

In conclusion, effective management of transboundary river basins requires recognition of the river basin as a single interconnected ecological system. Anthropogenic pressures generated in one part of the basin may produce ecological and socio-economic consequences elsewhere, making coordinated action essential. The integration of hydrological monitoring, water-quality assessment, biodiversity indicators, spatial analysis, climate-risk assessment, and participatory governance provides a scientifically robust basis for sustainable water-resource management. Strengthening institutional cooperation and adopting ecosystem-based management principles can substantially improve the ecological security and long-term sustainability of shared transboundary water resources.

CONCLUSION

The study demonstrates that the ecological management of water resources in transboundary river basins requires an integrated, ecosystem-based, and basin-wide approach that simultaneously considers hydrological processes, water quality, biodiversity, land-use dynamics, anthropogenic pressures, and climate-related risks. The assessment indicates that the ecological condition of shared river systems is determined not by a single environmental factor but by the cumulative interaction of multiple pressures operating at different spatial and temporal scales.

Anthropogenic activities, including intensive water abstraction, agricultural production, urban expansion, industrial development, wastewater discharge, mining activities, hydraulic regulation, and transformation of riparian ecosystems, represent major factors affecting the ecological stability of transboundary river basins. Their impacts may accumulate along the river continuum, resulting in downstream deterioration of water quality, alteration of natural flow regimes, habitat degradation, biodiversity loss, and increased ecological vulnerability. The transboundary nature of these processes means that environmental impacts generated within one national territory may extend beyond political boundaries and influence the ecological and socio-economic conditions of downstream regions.

The findings further emphasize that climate change can intensify the consequences of existing anthropogenic pressures. Increasing temperatures, changing precipitation patterns, prolonged droughts, and more frequent hydrological extremes may reduce water availability, modify river discharge, increase pollutant concentrations, and decrease ecosystem resilience. Consequently, climate adaptation should be incorporated into long-term transboundary water-resource management rather than being addressed as an independent environmental issue.

Maintaining environmental flows, reducing pollutant inputs at their sources, improving wastewater treatment, promoting water-efficient agricultural practices, protecting riparian vegetation, and restoring degraded aquatic habitats are essential measures for improving the ecological condition of shared river systems. Particular attention should be given to areas where several anthropogenic pressures occur simultaneously, as cumulative impacts in such environmental hotspots may produce substantially greater ecological risks than individual pressures considered separately.

The study also confirms the importance of harmonized monitoring and data exchange among countries sharing the same river basin. Joint monitoring programs based on standardized sampling protocols, comparable analytical methods, common ecological indicators, and shared information systems can significantly improve the assessment and management of transboundary water resources. The integration of GIS, remote sensing, automated monitoring technologies, and advanced analytical approaches can further strengthen the spatial and temporal assessment of ecological changes and facilitate early identification of environmental risks.

Effective transboundary water management ultimately depends not only on scientific assessment but also on institutional cooperation, coordinated decision-making, stakeholder participation, and the implementation of common environmental objectives. Water resources should be managed as interconnected components of a single socio-ecological system rather than as isolated national resources. Such an approach can reduce conflicts over water allocation, improve ecological security, and support sustainable socio-economic development.

In general, the sustainable management of transboundary river basins requires a transition from reactive pollution control toward preventive, adaptive, and ecosystem-based management. Integrating water quantity and quality management with biodiversity conservation, climate adaptation, land-use planning, ecological restoration, and technological innovation provides a more comprehensive framework for protecting shared water resources. The implementation of these principles can contribute to improving ecosystem resilience, maintaining biodiversity, ensuring long-term water security, and strengthening environmental cooperation among riparian countries.

Thus, the ecological sustainability of transboundary river basins can only be achieved through coordinated action based on the principles of integrated water resources management, environmental protection, scientific monitoring, equitable water use, and shared responsibility. Strengthening cooperation between riparian states and ensuring that anthropogenic activities remain within the ecological carrying capacity of river ecosystems should constitute the foundation of long-term transboundary water governance.

References

1. Budhathoki, S., Rokaya, P., & Lindenschmidt, K.-E. (2022). Impacts of future climate on the hydrology of a transboundary river basin in northeastern North America. Journal of Hydrology, 605, 127317.
2. Kryston, A., Müller, M. F., Penny, G., Bolster, D., Tank, J. L., & Mondal, M. S. (2022). Addressing climate uncertainty and incomplete information in transboundary

river treaties: A scenario-neutral dimensionality reduction approach. Journal of Hydrology, 612, 128004.
3. Mbaigoto, N., Alsharif, K., & Landry, S. (2023). An assessment of the degree of the implementation of the integrated water resources management principles in the Lake Chad Basin: The case of the Republic of Chad. Environmental Processes.
4. Mohammed, I. N., Bolten, J. D., Souter, N. J., Shaad, K., et al. (2022). Diagnosing challenges and setting priorities for sustainable water resource management under climate change. Scientific Reports, 12, 796.
5. Sarfaraz, M. U., Hall, D. M., & Rotman, R. M. (2022). Data sharing in transboundary water management. Frontiers in Water, 4, 982605.

INTEGRATING REMOTE SENSING, BIODIVERSITY INDICATORS, AND SCENARIO MODELING FOR CLIMATE-RESILIENT ECOSYSTEM MANAGEMENT

Sadigova Sara Asif
UNEC master
ORCID 0000-0003-2456-3871
Guliyeva Aygun Elman
Ataturk University
ORCID 000-0002-7678-4521
Ismayilzade Natiqe Natiq
Baku State University, bakalavr
ORCID: 0000-0002-6143-5281

Abstract

Ecosystem conservation increasingly requires decisions under interacting pressures from climate change, land-use conversion, pollution, biological invasions, and resource extraction. This article develops an integrated framework that combines satellite remote sensing, field observations, Essential Biodiversity Variables, ecosystem-service indicators, and scenario modeling to support climate-resilient management. Unlike approaches that evaluate a single model or environmental variable, the proposed framework treats conservation assessment as a linked observation-model-decision cycle. Multi-source data are harmonized to map ecosystem condition, habitat connectivity, exposure, adaptive capacity, and restoration potential. Alternative futures-business as usual, protection expansion, ecological restoration, and climate-adaptive management-are compared through a transparent multi-criteria resilience index. Native Word equations specify normalized indicators, model accuracy, composite resilience, and scenario regret. An illustrative table and diagram demonstrate the reporting structure without presenting simulated values as field evidence. The framework emphasizes uncertainty, scale compatibility,

independent validation, stakeholder knowledge, and safeguards against false precision. It provides a practical scientific basis for prioritizing areas where conservation action can simultaneously protect biodiversity, sustain ecosystem services, and reduce vulnerability to global environmental change.

Keywords: remote sensing; biodiversity indicators; scenario modeling; ecosystem resilience; climate adaptation; conservation planning

1. Introduction

Global ecological problems are not isolated processes. Climate change modifies temperature, hydrology, disturbance regimes, and species distributions; land-use change fragments habitats; pollution alters biogeochemical cycles; invasive species reorganize communities; and overexploitation reduces ecological redundancy. These drivers interact across scales, making static conservation maps insufficient. Managers need systems that detect current change, explain its mechanisms, explore plausible futures, and compare interventions before irreversible thresholds are crossed.

Remote sensing provides repeated spatial observations, while field surveys supply species identity, abundance, demographic status, and ecological interpretation. Scenario models translate these data into conditional futures. The central argument of this article is that no single source is adequate: conservation quality depends on scientifically defensible integration, explicit uncertainty, and a direct connection between model outputs and management choices.

2. Scientific Foundations of the Integrated Framework

2.1. Remote Sensing and In Situ Validation

Satellite, airborne, drone, acoustic, and camera-based observations can quantify land-cover change, vegetation productivity, canopy structure, surface water, fire history, phenology, fragmentation, and human pressure. Remote sensing is particularly valuable for consistent monitoring across inaccessible or politically fragmented landscapes. However, spectral or structural signals are ecological proxies, not biodiversity itself. Species interactions, genetic diversity, soil processes, and many below-canopy dynamics remain partly invisible.

Cavender-Bares et al. (2022) therefore argue for integration of remote sensing with field ecology and evolution. In practice, field plots, eDNA, acoustic surveys, camera traps, and community observations should calibrate and validate remotely sensed products. Sampling must cover gradients of habitat condition, elevation, management, season, and disturbance. Without independent validation, a visually impressive map may reproduce sensor bias, uneven sampling, or an inappropriate training label.

2.2. Essential Biodiversity and Ecosystem-Service Indicators

Indicators translate heterogeneous observations into comparable evidence. Essential Biodiversity Variables organize measurement around genetic composition, species populations, traits, community composition, ecosystem structure, and ecosystem function. For management, these variables can be linked to ecosystem services such as carbon storage, water regulation, erosion control, pollination, habitat

provision, and cultural value. The result is a multidimensional assessment rather than a single greenness index.

Indicator selection should satisfy ecological relevance, sensitivity to change, interpretability, spatial coverage, temporal repeatability, and feasibility. Redundancy must be controlled because several vegetation indices may describe similar processes. Indicators also require reference conditions. A high current value is not necessarily healthy if the ecosystem has shifted away from its historical range, if benefits are produced by an invasive species, or if short-term productivity conceals long-term degradation.

2.3. Scenarios as Conditional Futures

Scenarios are not forecasts that claim one inevitable future. They are coherent assumptions about drivers, policies, behaviors, and climate conditions used to examine consequences. IPBES emphasizes that scenarios and models can connect indirect drivers, direct pressures, biodiversity, ecosystem services, and quality of life. Useful scenario sets are contrasting yet plausible, include stakeholder knowledge, and expose trade-offs that would remain hidden in a single projection.

Four generic scenarios are proposed: business as usual; protected-area expansion; active restoration and connectivity; and climate-adaptive landscape management. Each scenario is evaluated under more than one climate pathway and socioeconomic assumption. This factorial design separates the effect of conservation policy from the background uncertainty of global change.

2.4. Ecosystem Resilience and Thresholds

Resilience is the capacity of an ecosystem to absorb disturbance, reorganize, and maintain essential functions without crossing into an undesirable state. It includes resistance, recovery, connectivity, functional diversity, refugia, and adaptive capacity. Because resilience is partly latent, it should be inferred from multiple indicators and tested against observed responses to drought, fire, flood, disease, or land-use pressure. Threshold analysis is important where responses become nonlinear and restoration costs rise sharply after degradation.

A resilience-oriented assessment moves beyond asking where biodiversity is currently highest. It also asks which areas are becoming unstable, which corridors enable movement, where ecosystem services protect vulnerable communities, and which interventions remain robust across uncertain futures.

3. Integrated Observation-Model-Decision Architecture

3.1. Data Harmonization

The workflow begins with a common spatial grid, temporal baseline, ecosystem classification, and metadata standard. Satellite products are corrected for clouds, sensor differences, seasonality, and topography. Field observations are screened for taxonomic consistency, location error, detection probability, and sampling effort. Socioeconomic layers include roads, settlements, land tenure, agricultural intensity, protected status, and restoration cost. Climate layers represent both historical variability and future extremes.

Scale compatibility is critical. A species record at one location should not be interpreted as representing an entire coarse pixel, while global climate projections should not be presented as local certainty. Hierarchical models can retain information at different resolutions rather than forcing all data into an artificial uniformity. Temporal lags should also be represented because vegetation response, population decline, and ecosystem-service loss may occur at different speeds.

3.2. Model Ensemble and Validation

A model ensemble reduces dependence on one algorithm. Suitable components include species-distribution models, habitat-condition models, connectivity analysis, dynamic vegetation models, hydrological models, fire-risk models, and ecosystem-service models. Statistical, machine-learning, and process-based approaches contribute different strengths. Agreement among models increases confidence, while disagreement identifies places where more data or cautious decisions are needed.

Validation must be spatially and temporally independent. Random cross-validation can overestimate performance when neighboring observations are environmentally similar. Spatial blocking, transfer tests, hindcasting, and out-of-period validation provide stricter evidence. Accuracy should be reported with more than one metric because a model can have high overall accuracy while failing for rare species, degraded habitats, or extreme events.

3.3. Multi-Criteria Conservation Prioritization

Prioritization combines ecological value, vulnerability, connectivity, ecosystem services, feasibility, and equity. Weights should not be hidden technical choices. Ecologists, local authorities, land users, and affected communities should examine how alternative weights change rankings. Robust priority areas are those that remain important across reasonable weighting schemes and scenarios.

The framework distinguishes three action classes. Protection priorities contain relatively intact and irreplaceable biodiversity. Restoration priorities are degraded but recoverable and strategically located for connectivity or services. Transformation-management zones are working landscapes where biodiversity-friendly production, water management, and pollution reduction can yield substantial gains. This classification avoids treating conservation as protected areas alone.

3.4. Uncertainty and Decision Robustness

Uncertainty arises from observations, parameters, model structure, future drivers, and value judgments. It should be mapped, decomposed, and communicated. Confidence intervals and ensemble spread are more useful than a single deterministic surface. A precautionary decision may be justified where ecological consequences are severe even if model confidence is moderate.

Robust decision making asks which action performs acceptably across many plausible futures. A strategy with the highest benefit in one scenario may be fragile. By contrast, corridor protection, riparian restoration, or prevention of habitat conversion may generate moderate benefits across climate and socioeconomic conditions. Scenario regret quantifies the loss from choosing an action that later proves suboptimal.

Research Questions

The framework examines: Which indicators best detect ecological degradation before irreversible change? How much does combining remote sensing and field data improve prediction? Which conservation actions remain robust across scenarios? Where do biodiversity, ecosystem services, and social priorities align or conflict? How does uncertainty alter spatial priorities and investment timing?

4. Proposed Methodology

4.1. Study Design and Data Structure

A regional application may use annual data from 2015-2025 and scenario projections to 2035 and 2050. The study area is divided into ecologically meaningful planning units. Each unit receives indicators for habitat extent, fragmentation, productivity stability, hydrological integrity, species occupancy, functional diversity, carbon, erosion control, climate exposure, and human pressure. Field campaigns are stratified by ecosystem and condition class. All processing steps, code, model versions, and exclusions should be documented for reproducibility.

4.2. Core Indicators and Evidence Sources

Table 1. Proposed multidimensional indicator system for integrated ecosystem assessment.

Dimension	Example indicators	Primary evidence	Management meaning
Condition	Vegetation integrity; water persistence	Satellite time series + plots	Degradation and recovery
Biodiversity	Occupancy; richness; functional traits	Field, eDNA, acoustic, camera	Irreplaceability and redundancy
Connectivity	Patch size; resistance; corridor centrality	Land cover + movement data	Climate-driven movement
Services	Carbon; water regulation; erosion control	Biophysical models + observations	Benefits to people
Risk	Heat, drought, fire, conversion pressure	Climate + hazard + socioeconomic layers	Exposure and urgency

4.3. Equations and Analytical Procedure

Each indicator x is normalized between its observed or policy-relevant limits:

$$z_{ij} = (x_{ij} - \min x_j) / (\max x_j - \min x_j)$$

A weighted ecosystem resilience index for planning unit i is:

$$ERI_i = \sum_{j=1}^{m} w_j z_{ij}, \text{ where } \sum_{j=1}^{m} w_j = 1$$

Root mean squared prediction error for n independent validation observations is:

$$RMSE = \sqrt{[(1/n) \sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - y_i)^2]}$$

Scenario regret for action a under future s is defined as:

$$R(a, s) = \max_{a'} U(a', s) - U(a, s)$$

The selected robust action minimizes maximum or weighted expected regret, subject to budget, land-use, and equity constraints. Sensitivity analysis varies weights, thresholds, climate assumptions, model composition, and restoration cost. Results should report priority stability rather than one definitive ranking.

4.4. Scientific Quality Control

Quality control includes preregistered hypotheses, independent validation data, uncertainty propagation, spatial autocorrelation checks, collinearity diagnostics, missing-data rules, and comparison with simpler baseline models. Expert review should focus on ecological plausibility, while stakeholder review evaluates feasibility and distributional consequences. Model performance cannot substitute for field verification or ethical legitimacy.

5. Illustrative Scenario Comparison and Discussion

Figure 1 shows hypothetical mean resilience scores for four management scenarios. Values are included only to illustrate reporting and are not empirical results for any country or ecosystem.

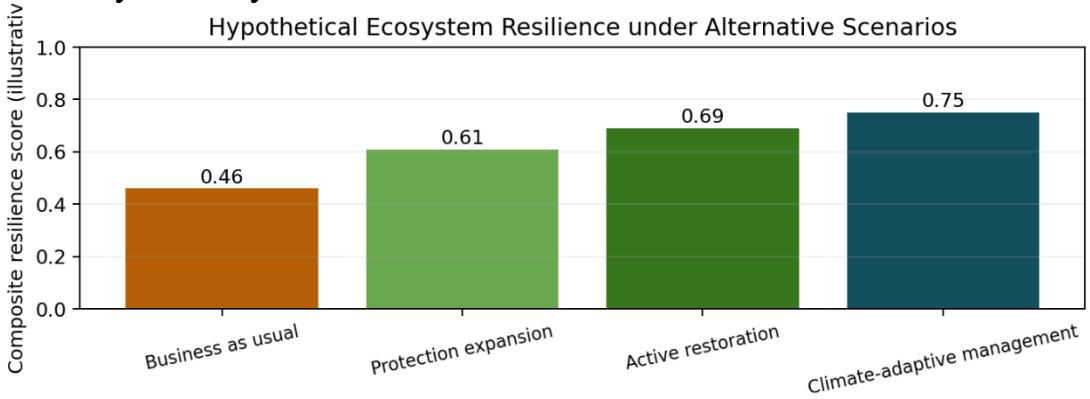


Figure 1. Hypothetical scenario scores for demonstration only. Actual comparisons require validated regional data, transparent weights, and uncertainty intervals.

Interpretation of the Illustrative Pattern

The hypothetical pattern suggests that protection alone may outperform business as usual but remain weaker than strategies that restore degraded areas and prepare landscapes for climate change. Protection expansion safeguards existing value; restoration improves condition and connectivity; climate-adaptive management additionally anticipates shifting species ranges, extreme events, water stress, and changing disturbance regimes. In real analysis, differences must be interpreted with confidence intervals and costs.

A high composite score can conceal trade-offs. Afforestation may increase carbon but reduce native grassland biodiversity or water yield. New protected areas may shift pressure to neighboring communities. Hydrological restoration may temporarily reduce agricultural output while generating downstream benefits. Therefore, indicator-level results and distributional effects must accompany any aggregate index.

Policy and Management Implications

First, monitoring systems should be designed around decisions rather than data availability alone. If the decision concerns corridor protection, movement, resistance, and future climate refugia are essential. If the decision concerns restoration investment, recovery potential, cost, land tenure, and service benefits become central. Second, early-warning indicators should trigger predefined management responses. Persistent

productivity decline, increasing fire recurrence, water loss, or occupancy contraction should not remain descriptive statistics.

Third, open and interoperable data reduce duplication and enable independent review. Metadata should include sensor, algorithm, training data, validation design, uncertainty, and intended use. Fourth, local and Indigenous knowledge can identify seasonal processes, culturally important species, historical baselines, and management practices missing from global datasets. Participation should influence scenario design, not merely validate a completed model.

Limits and Research Priorities

The framework is constrained by data gaps, uneven monitoring, uncertain future drivers, and imperfect representation of ecological interactions. Correlative models may fail under novel climates; process models may require poorly known parameters; ecosystem-service values can be context dependent. Future work should integrate dynamic species interactions, genomic vulnerability, disturbance feedbacks, animal movement, restoration trajectories, and socioeconomic adaptation. Model intercomparison and long-term validation are especially important.

Decision Principle

Models should support rather than automate conservation authority. Where uncertainty is high, decisions should favor reversibility, monitoring, and learning. Where potential losses are irreversible-such as extinction, peat collapse, or destruction of climate refugia-the precautionary principle should carry greater weight.

6. Conclusion

Climate-resilient ecosystem management requires more than selecting a technically sophisticated environmental model. It requires an integrated evidence system in which remote sensing detects spatial and temporal change, field observations establish ecological meaning, biodiversity and ecosystem-service indicators organize evaluation, and scenarios reveal the consequences of alternative actions. Uncertainty and model disagreement are not failures to hide; they are information that should shape monitoring and precaution.

The proposed observation-model-decision framework is intentionally distinct from a general assessment of environmental models. Its focus is operational integration: how multiple evidence streams can identify protection, restoration, and adaptation priorities that remain valuable across uncertain futures. Applied transparently, the framework can help conservation institutions move from reactive reporting toward anticipatory, adaptive, and socially legitimate management of ecosystems under global change.

References

1. Cavender-Bares, J., Gamon, J. A., Hobbie, S. E., et al. (2022). Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. Nature Ecology & Evolution, 6, 506-519. https://doi.org/10.1038/s41559-022-01702-5
2. Ferrier, S., Ninan, K. N., Leadley, P., et al. (Eds.). (2016). The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat.

3. IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673
4. IPCC. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844
5. Jetz, W., McGeoch, M. A., Guralnick, R., et al. (2019). Essential biodiversity variables for mapping and monitoring species populations. Nature Ecology & Evolution, 3, 539-551. https://doi.org/10.1038/s41559-019-0826-1
6. Kass, J. M., et al. (2024). Biodiversity modeling advances will improve predictions of nature under global change. Trends in Ecology & Evolution.
7. Pereira, H. M., Ferrier, S., Walters, M., et al. (2013). Essential biodiversity variables. Science, 339(6117), 277-278. https://doi.org/10.1126/science.1229931
8. Timmermans, J., et al. (2023). Advancing terrestrial biodiversity monitoring with satellite remote sensing in the context of the Global Biodiversity Framework. Ecological Indicators.
9. United Nations Environment Programme. (2021). Making peace with nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. UNEP.

Section: Economy

STATISTICAL ISSUES IN THE TEACHING OF RISK MANAGEMENT IN UKRAINE

Vasyechko Olga
Doctor in Economics
NASAA jointly with
Applied Research Fund in Statistical Computing and Economics,
Ukraine

The academic discipline of statistics is both an independent field of knowledge and a source of applied tools for a wide range of other human activities. Focusing the teaching of statistics on its applied aspects can significantly improve students' understanding of the opportunities and prospects offered by a statistical education, increase their motivation to develop statistical thinking, and bring the theoretical foundations of statistics closer to practical application.

One of the most relevant applications of statistical methods today is economic risk management. Risk management, which requires effective decision-making under a high degree of uncertainty, is based on both qualitative and quantitative forecasting and analysis. At the same time, qualitative assessments can also be transformed into quantitative metrics. Numerical metrics avoid personal bias related to emotional decision-making. By channelling the organisation's efforts into collecting and analysing reliable quantitative data, it is possible to reduce costs and focus on the greatest threats. In other words, a quantitative, statistical approach is a key element in risk management.

Based on experience of teaching both statistics and economics, including risk management, as well as research in this field, it can be stated that, on the one hand, statistics students lack an understanding of the usefulness and practical applications of statistical knowledge, whilst, on the other hand, management students lack a solid foundation in statistics. That is, the problem lies both in the training of future statisticians who may work in quantitative risk assessment, and in the statistical training of future risk managers. In both cases, the aim is to enhance students' statistical literacy. The study aims to review the key aspects of this issue.

First and foremost, students must understand that risk is omnipresent. It is impossible to avoid risk entirely. At the same time, modern science and technology enable us to anticipate certain types of risk and manage them.

A prerequisite for teaching the statistical aspects of economic risk assessment is an understanding of its conceptual framework, as well as the relevant international standards. It is also important to provide a comprehensive and logical overview of the risk management process within a particular organisation, so that students develop a clear understanding of the place and role of quantitative methods within it. In

accordance with international standards, the risk management framework encompasses risk management architecture, risk management strategy and risk management protocols [4]. Quantitative methods are used both in formulating a risk management strategy and implementing protocols. Quantitative assessment of potential risks and quantitative methods for evaluating the actual outcome of risk management are interrelated.

To implement a risk management process, it is important to understand the sources, nature and scale of potential threats. Risk assessment can be carried out using a whole range of basic and specialised statistical methods. It is advisable to present the material in a way that progresses from simple to complex, and from individual to comprehensive. The practical aspects should be accompanied by examples of calculations, preferably based on real data.

There is a problem in Ukrainian academic education inherited from the old Soviet education, which separated the teaching of so-called 'descriptive' statistics and probability theory, without demonstrating the link between them. This applies in particular to the teaching of so-called economic statistics. In the deterministic approach, risk analysis is based on recorded historical data. The parameters of a historical distribution are known, and the mean is a centre of the distribution. The probabilistic approach deals with the future distribution of random variables. The parameters of a probability distribution are not known a priori, whilst the predicted mean value is the mathematical expectation. Historical data can reveal hidden trends and dependencies between different risk determinants, while the probabilistic approach helps to anticipate future losses before they happen. This is particularly relevant for the use of big data and artificial intelligence for risk assessment.

The analysis of economic risk is based on the Profit-and-Loss Distribution (P&L) and, consequently, on the identification of upside risk and downside risk, as well as usual risk and extreme risk [2]. A distinctive feature of the P&L distribution is a two-pronged understanding of risk – both in the case of large negative values and in the case of large positive values. This aspect is virtually absent from academic curricula, although its understanding is crucial for successful risk management.

The fundamental concept of risk is the volatility of an event; that is, the deviation of individual values from the centre of the distribution. In this context, students must understand the essence of, and be able to calculate and interpret such central moments of the distribution as the mean, variance (standard deviation), as well as the degree of skewness and the kurtosis, which are key in risk management. This group of topics also includes the calculation and interpretation, from a risk perspective, of such central measures of a distribution as the mode and the median. Knowledge of these concepts enables students to deal with more complex derived metrics at a later stage, as well as with industry-specific risk metrics.

The prediction and identification of extreme risks often also lie beyond the scope of academic statistics and risk management in Ukraine. At the same time, it is precisely extreme risk that is characteristic of the present day – political turmoil, epidemics, financial crises, armed conflicts – and requires in-depth knowledge in this field.

Moreover, there appears to be some confusion in the academic literature regarding the difference between, and the definition of, usual risk and extreme risk. To this end, it would be appropriate to introduce into the curriculum the concepts of usual risk and extreme risk, as well as outliers and inliers, with a corresponding demonstration of various methods for their detection: parametric and non-parametric, algebraic and graphical, as well as those offered by the theory of extreme values [1].

A key feature of assessing potential risks is the comprehensive analysis of qualitative and quantitative data. Whilst qualitative information provides a verbal, descriptive characterisation of potential threats, quantitative information allows them to be assessed in numbers. As noted above, statistical methods can also be used to transform certain qualitative characteristics into quantitative ones. In this context, it is important to master the principles of expert assessment, rank statistics and composite indicators. Formulating a hypothesis and its statistical evaluation are integral elements of this subject area. Students should have a clear understanding of the types of hypotheses for which specific statistical tests can be used. For example, there are three different contexts in which tests based on the chi-squared distribution are used. Despite sharing the same name, these are three distinct tests: the Test of Independence (or Significance), the Test of Homogeneity, and the Goodness-of-Fit Test. Experience shows that students have very little familiarity with these tests and usually fail to distinguish between them. This also includes an understanding of the factors that determine the shape of the chi-squared distribution.

Analysis of economic risk depends not only on exogenous factors but also on internal factors inherent to the economic agent, primarily on its level of risk culture [4]. This requires an understanding of concepts such as risk aversion and risk appetite, the quantitative study of which is based on the utility function, the calculation of the certainty coefficient, and the analysis of the distribution shape.

Once the above-mentioned basic concepts have been mastered, it is essential to introduce and demonstrate some sector-specific aspects of risk assessment, such as financial portfolio risk, foreign direct investment risk, insurance risks, and so on. Of course, each of these topics is extremely broad and warrants a separate course, but covering the key statistical metrics specific to a particular sector significantly enriches students' understanding and skills.

An important prerequisite for teaching quantitative methods of sectoral risk analysis should be their comprehensive link to previous material, demonstrating how more complex concepts are derived from basic concepts. Examples of such concepts derived from the basic ones include covariance measures, the beta coefficient, the alpha coefficient, Value-at-Risk and its extensions, the different kinds of risk premium, and so on.

In the probabilistic approach to risk assessment, simulation methods – Monte Carlo simulation as well as more advanced simulation techniques – play a central role. These techniques, which are based on statistical modelling of event distributions and random sampling, enable the probability and degree of influence of uncertainty factors on target variables to be assessed.

A key issue today is the provision of information for quantitative risk analysis, that is, the nature and sources of input data. High-quality primary data is a prerequisite for a high-quality result. In turn, searching for and obtaining reliable information is a time-consuming and costly process. Much of the effort and expense is also taken up by checking and cleaning the raw data.

In this context, the use of big data and artificial intelligence is now taking centre stage. Access to big data is a vast source of information. Big data enables us to move away from traditional static analysis towards dynamic analysis. Artificial intelligence, in turn, is capable of simultaneously analysing data that is diverse in nature and drawn from numerous sources, even beyond the scope of big data.

This subject area is directly linked to modern software solutions (packages) that enable potential threats to be effectively anticipated and assessed.

At the same time, students must be cautioned against adopting a simplistic, purely user-centred approach to new data and tools. First, the effectiveness of new types of data and software tools does not eliminate the need to understand the fundamental algorithms underpinning such computations. Second, big data is complex to collect, process and store. It requires authorisation to access it, as well as the organisation of data collection channels, thorough verification, filtering, and structuring in line with the requirements of statistical analysis. Third, artificial intelligence is capable of making errors, and identifying and understanding these is vital for risk management. It is also important to emphasise the ethical aspects of working with personal data and data that is sensitive to disclosure.

Digital economic risk management (cybersecurity) is a relatively new and highly relevant field for modern risk managers. This type of risk is spreading rapidly and is caused by the incorrect or malicious use of digital technologies and online business systems [4]. Of course, this, like working with big data and artificial intelligence, is a topic for a separate course, but students should be aware of this risk and the need to protect data.

To conclude and develop a comprehensive understanding, a general overview of risk management strategy, together with the metrics and methods already studied, should be provided. Taking all the above considerations into account will significantly improve the training of both future statisticians and future managers.

Acknowledgements:

I would like to thank the French Applied Research Fund in Statistical Computing and Economics for the assistance during the development of this publication.

References

1. Grun-Rehomme, M., Vasyechko, O. (2019). La gestion des sinistres en assurance automobile. La pertinence des modèles. Monographie. Editions universitaires européennes, Berlin, Allemagne
2. McNeil, A.J., Frey, R., and P. Embrechts (2015). Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools - Revised Edition, Princeton Series in Finance, 2015.

3. OECD (2025). Managing Emerging Critical Risks: Case Studies and Cross-Country Synthesis Report. Report: 24 June 2025. 108 p.
4. Standard Deviations – A Risk Practitioners Guide to ISO 31000 – 2018 (2018). Institute of Risk Management. England. London.

НЕОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЯК КОНТЕКСТ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

Гнатчук Олександр
аспірант
Кафедра фінансових технологій та бізнесу
Національний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

Анотація. Обґрунтовано доцільність розгляду неомодернізації як системного контексту трансформації економічного потенціалу підприємства в умовах структурних, технологічних та інституційних змін. Запропоновано авторське трактування неомодернізації як процесу якісного оновлення та рекомбінації ресурсів, технологій, організаційних механізмів, компетентностей і бізнес-моделей, спрямованого на формування нових можливостей створення економічної цінності. Сформовано структурно-логічну модель трансформації економічного потенціалу, що поєднує зовнішній контекст, механізми неомодернізації та фінансово-економічну, технологічно-цифрову й організаційно-інтелектуальну складові потенціалу. Обґрунтовано роль цифровізації, розвитку динамічних здатностей, людського капіталу та інновацій як ключових механізмів переходу від ресурсного накопичення до адаптивного відтворення потенціалу. Визначено, що результатом неомодернізації має бути не саме оновлення ресурсної бази, а підвищення адаптивності, стійкості, конкурентоспроможності та результативності підприємства.

Ключові слова: економічний потенціал підприємства; неомодернізація; трансформація; цифровізація; динамічні здатності; інноваційність; людський капітал; адаптивність; конкурентоспроможність.

Введення. Сучасне функціонування підприємств відбувається в умовах одночасної дії технологічних, ринкових, інституційних та безпекових змін. Для українських підприємств ці процеси доповнюються необхідністю відновлення виробничої бази, перебудови ланцюгів постачання, пошуку нових ринків і прискорення цифрової трансформації. Дослідження цифровізації українського бізнесу показують її значення для підвищення продуктивності та економічної стійкості, тоді як сучасні роботи з динамічних здатностей пов’язують цифрову трансформацію із здатністю підприємств відчувати зміни, використовувати можливості та перебудовувати власні ресурси й процеси [1].

У таких умовах традиційне розуміння модернізації як оновлення основних засобів, технологій або окремих виробничих процесів є недостатнім. Модернізаційні зміни мають охоплювати взаємопов'язані компоненти економічної системи підприємства та забезпечувати їх нову конфігурацію. Саме тому доцільно використовувати категорію «неомодернізація», яка в цій роботі розглядається як авторська концептуалізація нового етапу модернізаційних перетворень, орієнтованого не тільки на технічне оновлення, а й на трансформацію способів формування, використання та відтворення економічного потенціалу. Такий підхід узгоджується з дослідженнями, у яких модернізація економіки України пов'язується з технологічним оновленням, інноваціями, європейською інтеграцією та відновленням.

Мета та задачі дослідження. Метою є теоретичне обґрунтування неомодернізації як контексту трансформації економічного потенціалу підприємства та формування структурно-логічної моделі відповідних перетворень.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

– уточнити зміст поняття «неомодернізація підприємства»;

– визначити її відмінність від традиційної модернізації через зміну об'єкта, механізмів та очікуваних результатів;

– обґрунтувати напрями трансформації основних складових економічного потенціалу;

– сформувати структурно-логічну модель взаємодії неомодернізації та економічного потенціалу;

– визначити очікувані економічні ефекти неомодернізаційних перетворень.

Результати дослідження та їх обговорення. Уточнення змісту неомодернізації доцільно здійснювати через порівняння її з традиційною модернізацією. Традиційна модернізація переважно концентрується на заміні застарілих засобів, технологій та обладнання. Неомодернізація має ширший системний характер: її об'єктом стає здатність підприємства постійно перебудовувати власну ресурсно-компетентнісну систему відповідно до змін середовища. Тому її можна визначити як процес системного оновлення, рекомбінації та цифрово-інноваційного переформатування ресурсів, компетентностей, бізнес-процесів і управлінських механізмів підприємства з метою підвищення його адаптивності та здатності створювати економічну цінність.

Запропоноване трактування спирається на логіку динамічних здатностей, відповідно до якої конкурентоспроможність підприємства залежить від його спроможності своєчасно виявляти зміни, використовувати можливості та перебудовувати ресурсну базу. Сучасні дослідження показують, що цифрова трансформація посилює роль таких здатностей. [3].

Трансформація економічного потенціалу в умовах неомодернізації охоплює щонайменше три взаємопов'язані рівні. Перший – фінансово-економічний – передбачає зміцнення фінансової стійкості, підвищення ефективності використання капіталу, мобілізацію внутрішніх резервів та формування

інвестиційної спроможності. Другий – технологічно-цифровий – охоплює оновлення основних засобів, автоматизацію бізнес-процесів, використання цифрових платформ, даних та аналітичних інструментів. Третій – організаційно-інтелектуальний – включає розвиток людського капіталу, управлінських компетентностей, організаційної гнучкості, інноваційної культури та здатності до міжфункціональної взаємодії.

Принциповою особливістю неомодернізації є синхронізація зазначених рівнів. Саме по собі придбання нового обладнання не гарантує зростання результативності, якщо підприємство не має фінансової спроможності забезпечити його використання, цифрових компетентностей персоналу та відповідних організаційних процедур. Аналогічно, цифровізація без зміни управлінських процесів може створювати додаткові витрати, не забезпечуючи очікуваного ефекту. Отже, економічний ефект виникає через взаємодію ресурсів, технологій і компетентностей, а не через їх ізольоване оновлення.

Логіка трансформації економічного потенціалу підприємства в контексті неомодернізації передбачає послідовний взаємозв'язок трьох елементів: зовнішніх технологічних, ринкових, інституційних та соціально-економічних змін; системного оновлення складових економічного потенціалу підприємства; формування нових економічних результатів. Неомодернізація охоплює фінансово-економічний, виробничо-технологічний, кадровий, інноваційний та організаційно-управлінський потенціал, забезпечуючи їх взаємодію та якісну трансформацію. Результатом таких перетворень є підвищення економічної ефективності, конкурентоспроможності, адаптивності та стійкості підприємства. Водночас постійний моніторинг результатів і коригування управлінських рішень забезпечують безперервність процесу неомодернізації та подальше нарощування економічного потенціалу.

Неомодернізація виконує роль інтегруючого механізму між зовнішніми змінами та внутрішньою трансформацією підприємства. Її практична цінність полягає у можливості перейти від фрагментарних рішень – окремої цифровізації, технічного переоснащення чи навчання персоналу – до комплексного управління змінами. У цьому контексті доцільно оцінювати не лише рівень ресурсного забезпечення, а й здатність підприємства комбінувати ресурси та перетворювати їх на результати.

Цифрова складова набуває особливого значення, оскільки сучасні дослідження пов'язують цифрову трансформацію з підвищенням організаційної гнучкості, інноваційної результативності та стійкості підприємств. В українських умовах цифровізація також розглядається як інструмент підтримки економічної стійкості та відновлення, що посилює її значення у процесах неомодернізації [2].

Важливим результатом неомодернізації є зміна характеру відтворення економічного потенціалу. За традиційної моделі підприємство переважно відновлює спожиті ресурси та підтримує функціонування на досягнутому рівні. Неомодернізаційна модель передбачає циклічне оновлення потенціалу:

оцінювання стану – виявлення технологічних та ринкових можливостей – рекомбінація ресурсів – упровадження змін – оцінювання ефекту – повторне оновлення. Це формує механізм самопідсилювального розвитку, за якого результати попередньої трансформації стають ресурсом для наступного етапу.

Управлінське значення запропонованого підходу полягає також у можливості диференціювати неомодернізаційні рішення залежно від рівня зрілості підприємства. За низького рівня потенціалу пріоритетом мають бути фінансова стабілізація, оптимізація витрат та відновлення критичної ресурсної бази. За середнього рівня – цифровізація процесів, розвиток компетентностей і модернізація технологій. За високого рівня – інноваційні бізнес-моделі, масштабування, інтеграція в цифрові екосистеми та створення нових джерел економічної цінності. Така логіка узгоджується з підходами до стратегічного розвитку економічного потенціалу та його адаптації до нових умов господарювання.

Висновки. Неомодернізацію доцільно розглядати як якісно новий контекст трансформації економічного потенціалу підприємства, у якому модернізаційні зміни виходять за межі технічного оновлення та охоплюють фінансово-економічні, технологічно-цифрові, організаційні та інтелектуальні компоненти. Авторське трактування неомодернізації акцентує увагу на постійній рекомбінації ресурсів, компетентностей і бізнес-процесів для формування нових можливостей створення економічної цінності.

Сформована структурно-логічна модель показує, що неомодернізація виступає інтегруючим механізмом між зовнішнім контекстом та внутрішньою трансформацією потенціалу. Її результативність визначається синхронністю фінансового, технологічно-цифрового та організаційно-інтелектуального оновлення. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення системи показників та інтегрального індексу неомодернізаційної спроможності підприємства, що дозволить кількісно оцінювати глибину трансформації та обґрунтовувати вибір відповідних стратегій розвитку.

Список використаних джерел

1. Ареф’єва, О. (2024). Теоретичне підґрунтя формування економічного потенціалу підприємства в умовах посилення транспарентності розвиткових процесів. Адаптивне управління: теорія і практика. Серія Економіка, 18(36).
2. Пілецька С.Т., Коритько Т.Ю. & Сімкова Т.О. (2025). Стратегія розвитку економічного потенціалу підприємств в контексті адаптації до умов циркулярної економіки. Економіка та суспільство, (74).
3. Сімкова Т.О. & Гнатчук О.В. (2025). Концептуально-методичні засади формування та реалізації економічного потенціалу підприємства в умовах цифровізації та інтелектуалізації соціально-економічних процесів. Економічний аналіз. 35 (3), 769-778. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2025.03.769

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СКЛАДОВИХ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Світлий Дмитро
к.е.н.
Веремеєнко Олександр
доктор філософії, докторант
Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна

Процеси автоматизації в сучасних умовах господарювання мають велике значення для підвищення показників продуктивності праці та ділової активності. Тож пропонуємо складові процесу автоматизації процесів управління діяльністю підприємств (рис. 1).

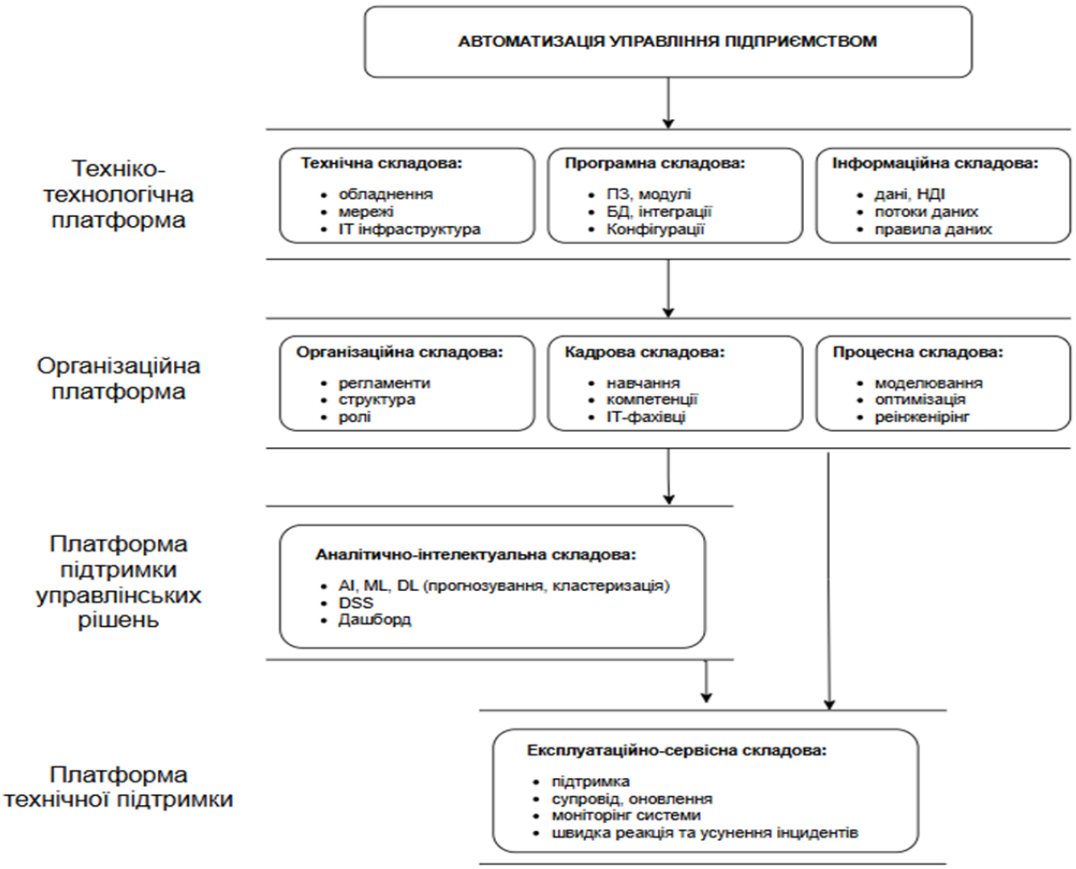


Рисунок 1 Складові процесу автоматизації діяльності підприємства [1, 2]

Вважаємо, що автоматизація залежить від стану та руху основних фондів, IT- інфраструктури, програмного забезпечення та мереж, які дозволять впливати на якість та швидкість отримання інформації для прийняття вірних управлінських рішень своєчасно.

Сучасне обладнання, програмне та інформаційне забезпечення можливо використовувати лише у тому випадку, коли ефективно буде функціонувати організаційна платформа, яка включає організаційну, кадрову та процесну складову. Саме наявність на підприємстві високоефективної організаційної

структури, яка передбачає розподіл функціональних обов'язків та відповідальності з використанням організаційних регламентів тісно взаємопов'язана із кадровою складовою.

Кадрова складова передбачає постійне навчання персоналу підприємства з метою отримання необхідних компетентностей для забезпечення високого рівня конкурентоспроможності як персоналу, так і підприємства. Кадрова складова безпосередньо впливає на процесну складову.

Процесна складова, грунтуючись на кадровій складовій дозволяє моделювати розвиток бізнес- процесів, оптимізувати витрати на автоматизацію, підвищуючи прибутковість діяльності. Процесна складова може грунтуватися на реінжинірингу бізнес- процесів, які направлені на підвищення швидкості та якості прийняття управлінських рішень. Аналітично- інтелектуальна складова та експлуатаційно- сервісна складова доповнюють одна одну та направлені на прогнозування різних сценаріїв розвитку підприємства з урахуванням підтримки, супроводу та оновлення процесів автоматизації. Тому, вважаємо, що впровадження на підприємствах запропонованих платформ автоматизації дозволить підвищити ефективність діяльності підприємства в цілому.

Список використаних джерел

1. Slyusarchuk L.I. Automation of accounting business processes of production enterprises. Sustainable Economic Development No. 2 (53), 2025. C. 485- 489. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/1280-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82% D1%82%D1%96-1234-1-10-20250504%20(1).pdf
2. Starenka O. M. State of Use of Modern Information Technologies for accounting at Enterprises. Bulletin of socio-economic research. № 1- 2. Odesa. 2022. pp. 61–75. URL: http://vsed.oneu.edu.ua/collections/2022/80-81/pdf/61-75.pdf

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.001.75-79

РЕГІОНАЛЬНИЙ ВИМІР ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ГАРМОНІЗАЦІЇ РИНКОВИХ ІНТЕРЕСІВ

Чорній Дмитро Олександрович
аспірант
ORCID ID 0009-0006-3466-9847
Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Досягнення цілей сталого розвитку нерозривно пов’язане із забезпеченням продовольчої безпеки населення, фактичний рівень якої формує підґрунтя для матеріального добробуту, благополуччя, здоров’я та збереження генетичного потенціалу нації. Продовольча безпека традиційно посідає центральне місце в глобальній соціальній політиці та визначена як пріоритет у межах Сталого розвитку ООН.

Найпоширенішим науково-методичним підходом є дослідження продовольчої безпеки в контексті її глобального прояву, глобалізації суспільного соціально-економічного розвитку та забезпечення умов для існування майбутніх поколінь. Джерелами глобальної концепції продовольчої безпеки є кризи дефіциту продуктів харчування та загрози інклюзивної доступності продовольства. Наукові дискусії щодо питань забезпечення і оцінки продовольчої безпеки продовжуються як рух в одному з двох напрямків:

1) до повної глобальної інтеграції і глобалізації ринків;

2) до персоналізації та локалізації ринків, на яких продовольчі товари забезпечують потреби територіальних спільнот.

За умов посилення трендів парадигми сталого розвитку продовольча безпека також орієнтується на регіональний рівень — місцеві персоналізовані ринки, що спеціалізуються на екологічних, нішевих, органічних продуктах харчування, які користуються індивідуальним попитом і не набули ознак масштабності та масовості для українських виробників у міжнародних ланцюгах доданої вартості. Регіоналізація рівня забезпечення продовольчої безпеки визначається більш ефективними механізмами її управління і координації, що, у свою чергу, створює базис для розв'язання глобальних продовольчих проблем суспільства [1].

Учасники ринкових відносин (агровиробники, бізнес-суб'єкти харчової промисловості тощо) є найбільш інтегрованими в регіональні продовольчі системи структурами та фактично формують потенціал забезпечення продовольчої безпеки на території. Територіальний (просторовий) підхід до продовольчої безпеки світові організації (FAO, OECD) розглядають як « …придатну основу для вирішення структурних і виникаючих проблем продовольчої безпеки, включаючи проблеми внутрішньонаціональної нерівності і диспропорцій, оскільки він дозволяє досліджувати багатовимірний, багатофакторний та багаторівневий характер продовольчої безпеки» [2].

Здебільшого науковці схильні трактувати зміст регіональної продовольчої безпеки як «стан забезпечення потреб місцевого населення продовольчими товарами». Як категорія, регіональна продовольча безпека є просторово-територіальною конкретизацією концепції продовольчої безпеки та зберігає її принципові якісні характеристики: доступність продовольства, якість і безпека, стабільність продовольчого забезпечення населення.

Разом з тим, порядок забезпечення регіональної продовольчої безпеки має властиву територіальну специфіку та визначається ресурсним забезпеченням регіону, характером і способами поєднання ресурсів, розподілом продовольчих потоків і споживанням продуктів харчування, а також специфікою соціально-економічного розвитку окремих регіонів. Відповідно до відмінностей в архітектурі регіональної продовольчої безпеки мають диференціюватися і механізми її забезпечення [3].

Досліджуючи регіональну продовольчу безпеку, FAO акцентує увагу на наступних ключових аспектах, що опосередковують її фактичний рівень:

1) існуючі регіональні диспропорції, що визначаються обсягами внутрішньорегіонального виробництва, потенціалом міжрегіонального обміну і розподілу, наявністю продовольчих запасів;

2) ступінь розвитку міжрегіональної інтегрованості і взаємодії у межах єдиної національної системи продовольчої безпеки;

3) територіальна диференціація регіонів у ресурсному забезпеченні, природно-кліматичних умовах та демографічних параметрах, що потребують гнучких механізмів управління, спрямованих на забезпечення інклюзивного продовольчого забезпечення населення країни незалежно від дії цих факторів;

4) залежність від територіальної аграрної спеціалізації.

При цьому середні національні показники досягнутого рівня продовольчої безпеки «згладжують» ці особливості, що визначає необхідність її оцінки за регіонами. Ключові ознаки регіональної продовольчої безпеки, що відрізняють її від інших рівнів її формування, наведені на рис. 1.

Рис. 1 - Специфічні особливості регіональної продовольчої безпеки

Ці особливості позначаються на методичних засадах оцінювання фактичного стану регіональної продовольчої безпеки та формують кілька методичних підходів до її аналізу.

Дифракція науково-методичних підходів до оцінки стану регіональної продовольчої безпеки дала змогу визначити декілька з основних, які є найбільш вживаними у вітчизняній практиці (табл. 1).

Таблиця 1 - Характеристика та зміст науково-методичних підходів до оцінки стану продовольчої безпеки регіону

Назва методичного підходу	Короткий зміст та характеристика
Індикаторний методичний підхід (пороговий)	Ґрунтується на системі індикаторів оцінки продовольчої безпеки шляхом їх порівняння з нормативами, рекомендованими значеннями та середніми показниками

Продовження табл. 1

Назва методичного підходу	Короткий зміст та характеристика
Комплексний індикаторний методичний підхід	Є різновидом індикаторного методичного підходу. Передбачає одночасне врахування рівнів фізичної та економічної доступності продовольчих товарів, якості харчування населення, споживання, виробництва продовольства
Інтегральний методичний підхід	Ґрунтується на попередніх підходах. Передбачає агрегування окремих груп індикаторів у єдиний інтегральний показник рівня продовольчої безпеки
Порівняльний (рейтинговий) методичний підхід	Передбачає проведення ранжування регіонів, порівняння фактичних показників з іншими регіонами та загальнонаціональними показниками та їх нормативними значеннями
Просторово-диференціальний методичний підхід	Оцінка рівня продовольчої регіональної безпеки на основі виявлення міжрегіональних відмінностей, територіальної диференціації та групування регіонів
Методичний підхід, заснований на прогнозному математичному моделюванні	В основу оцінки покладена сукупність чинників, що визначають продовольчу безпеку, тренди їх прогнозування та можливих ризиків забезпечення
Методичний підхід на засадах сталого розвитку	Оцінювання продовольчої безпеки з урахуванням довгострокового розвитку, виробничого потенціалу, ресурсів та сучасних технологій

*сформовано автором

Зазначені підходи містять широкий спектр індикаторів оцінювання регіональної продовольчої безпеки, які консолідують як світову практику оцінювання, так і національну. Серед їх сукупності науковці виділяють декілька основних груп, що формуються за ключовими якісними ознаками продовольчої безпеки регіону: соціально-демографічний стан територій (міграція, рівень безробіття, структура доходів); якість харчування її населення (калорійність раціонів, його структура); доступність продовольчих товарів (самозабезпеченість, ємкість ринку, структура витрат, динаміка цін на продовольчі товари, обсяг споживання); імпортозалежність (частка імпортованих продуктів харчування регіону); сировинна база (виробництво зерна на одну особу). У поєднанні з регіональними індикаторами оцінюються також загальні макроекономічні тенденції країни (ВВП на одну особу, темп інфляції, середній розмір заробітної плати тощо).

Затверджена Кабінетом Міністрів України у 2025 році комплексна методика оцінювання рівня продовольчої безпеки [4] формує чіткий нормативно-методологічний інструментарій для аналізу стану агропродовольчої сфери на національному та регіональному рівнях. Вона спирається на системний розрахунок ключових індикаторів, які зафіксували базові виміри продовольчої системи: добову енергетичну цінність раціону населення, економічну та фізичну доступність продуктів харчування, ємність внутрішнього ринку, а також показники стабільності продовольчих систем. Отримані у межах цієї методики моніторингові дані дають змогу нівелювати згладжувальний ефект середньоарифметичних показників, виявити міжрегіональні диспропорції та забезпечити об'єктивне підґрунтя для ухвалення ефективних державних і регіональних управлінських рішень.

Таким чином, регіональна продовольча безпека виступає важливою просторово-територіальною конкретизацією загальнонаціональної концепції, що враховує ресурсний потенціал, виробничу спеціалізацію та соціально-економічні особливості окремих територій. Систематизація науково-методичних підходів (індикаторного, комплексного, інтегрального, рейтингового, просторово-диференціального, прогностичного та на засадах сталого розвитку) доводить необхідність відходу від усереднених національних показників на користь диференційованої оцінки.

Список використаних джерел

1. Hinrichs C. Regionalizing food security? Imperatives, intersections and contestations in a post-9/11 world. Journal of Rural Studies. 2013. Vol. 29. P. 7-18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.09.003.
2. OECD/FAO/UNCDF. Adopting a Territorial Approach To Food Security And Nutrition Policy OECD Publishing, Paris, 2016. URL: https://openknowledge.fao.org/handle/ 20.500.14283/bp655e.
3. Кордзая Н. Р. Теоретико-методологічні засади формування критеріїв у дослідженні рівнів продовольчої безпеки регіону. Український журнал прикладної економіки. 2020. Том 5. № 4. С. 328 – 339. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-4-39.
4. Про затвердження Методики розрахунку індикаторів продовольчої безпеки: Постанова Кабінету Міністрів України від 15.09.2025 № 1140. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1140-2025-%D0%BF#Text.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.002.79-83

FROM HUMAN CAPITAL ASSESSMENT TO DEVELOPMENT PLANNING IN THE DIGITAL ECONOMY: A CONCEPTUAL FRAMEWORK

Hoichuk Vasyl
PhD student
Department of Personnel Management and Administration
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4567-6373

Abstract. The digital economy is changing the content of work, the structure of required competencies and the mechanisms through which organizations create value. Under these conditions, human capital assessment cannot be limited to measuring the current stock of employees, qualifications or financial returns. The purpose of this study is to substantiate a conceptual framework that connects human capital assessment with systematic development planning. The study combines the human capital theory, competency and resource-based approaches with contemporary research on organizational

adaptability, artificial intelligence and the transformation of work. Human capital is considered as a dynamic organizational capability consisting of interconnected resource, competency, adaptive-innovative, organizational-technological and performance dimensions. The proposed framework follows the sequence: assessment of the current state – identification of development gaps – forecasting future requirements – formation of a target human capital profile – selection of development scenarios – implementation of development measures – reassessment of results. Particular attention is given to digital readiness, learning agility and human–technology synergy. The approach shifts the focus from workforce headcount planning toward capability and competency planning. It also provides a methodological basis for integrating development investments with expected organizational outcomes and, at later stages, with return on investment indicators. The framework is conceptual and does not introduce unverified weights, thresholds or empirical coefficients; their determination requires further empirical validation.

Keywords: human capital; digital economy; human capital assessment; development planning; digital competencies; adaptability; learning agility; artificial intelligence; human–technology synergy.

Introduction. Digital transformation has moved from the implementation of individual technologies toward a broader redesign of work, organizational structures and value creation. Artificial intelligence, automation, data-driven management and digital collaboration are changing not only the tasks performed by employees but also the competencies required to perform them effectively. Consequently, the strategic value of human capital increasingly depends on the ability of employees and organizations to learn, adapt and combine human capabilities with technological resources.

Recent evidence confirms the scale of this shift. Deloitte's 2026 Global Human Capital Trends reports that seven in ten business leaders identify speed and adaptability as a primary competitive strategy, while 85% consider the ability of organizations and workforces to adapt at the required speed critical. At the same time, only 7% report that their organizations are leading in helping the workforce continuously grow and adapt (Deloitte, 2026). The World Economic Forum similarly identifies organizational redesign, culture, talent development and human-centred AI deployment as major priorities for people leaders (World Economic Forum, 2025).

Aim and objectives of the study. The aim of the study is to substantiate a conceptual framework for assessing and planning human capital development in the digital economy. To achieve this aim, the study addresses three objectives: (1) to conceptualize human capital as a dynamic organizational capability; (2) to identify the key dimensions that should be considered in its integrated assessment; and (3) to establish a logical sequence that transforms assessment results into development planning and strategic decision-making.

Research methodology. The study is conceptual and theoretical. It combines the principles of human capital theory (Becker, 1993; Schultz, 1961), the resource-based view of the firm, competency-based management and strategic workforce planning. The framework is also informed by contemporary analytical reports on human capital, AI-enabled work and workforce transformation (Deloitte, 2026; Microsoft, 2025;

World Economic Forum, 2025). The author's previous research on human capital, digital transformation and socio-economic efficiency of personnel development is used as a basis for extending the assessment logic toward development planning (Hoichuk & Liubomudrova, 2024, 2025).

Results and discussion. Classical human capital theory treats education, knowledge, skills and other productive characteristics as forms of investment that increase individual and economic productivity (Schultz, 1961; Becker, 1993). In a digital economy, however, the accumulated stock of competencies can become obsolete faster than in relatively stable technological environments. Therefore, the value of human capital should be considered together with its renewal capacity. The proposed interpretation defines organizational human capital as a dynamic socio-economic capability based on employees' knowledge, competencies, experience, adaptive capacity and potential for development, together with the organizational conditions that enable these characteristics to generate value. This interpretation shifts the assessment object from a static stock toward a system capable of accumulation, transformation and renewal.

The framework proposes five interrelated assessment dimensions. The resource dimension covers the quantitative and structural characteristics of the workforce, including professional experience and educational potential. The competency dimension captures professional, managerial, digital, analytical and other competencies required for current and future work. The adaptive-innovative dimension reflects learning agility, openness to change, experimentation and the ability to acquire new ways of working. The organizational-technological dimension reflects the environment in which human capital is realized: work design, digital tools, knowledge-sharing practices, organizational culture and human–technology interaction. The performance dimension captures the results generated through human capital, including productivity, quality, innovation, achievement of strategic objectives and the economic return from development investments.

The central methodological proposition is to connect assessment with planning through a continuous management cycle. The first stage is diagnosis of the current human capital profile. The second is identification of gaps between current and required characteristics. The third is forecasting future requirements based on changes in strategy, technology, products, organizational structure and market conditions. The fourth is the formation of a target human capital profile. The final stage is reassessment. This creates a feedback loop in which the organization compares achieved results with the target profile and updates the development plan. Thus, assessment becomes not an isolated HR procedure but an information mechanism for strategic human capital management.

Digital transformation requires a distinction between digital readiness and digital performance. Digital readiness refers to the prerequisites for effective technology use: digital knowledge, skills, access to tools, confidence, learning capacity and willingness to change work practices. Digital performance refers to the actual contribution of these capabilities and technologies to individual and organizational outcomes. Artificial intelligence strengthens the importance of this distinction. Microsoft's 2025 Work

Trend Index describes the emergence of human–agent teams and organizations built around on-demand intelligence, indicating that work is increasingly organized around combinations of human and AI capabilities (Microsoft, 2025). Therefore, human capital development should include the ability to work effectively with AI rather than treating technology only as a substitute for human labor.

The proposed framework consequently treats human–technology synergy as a development factor. The managerial task is to determine which activities should be automated, which should be augmented by AI, and where human judgment, creativity, responsibility and interpersonal interaction remain strategically important. This perspective is consistent with Deloitte's 2026 shift from human-plus-machine toward human-times-machine design and dynamic orchestration of work (Deloitte, 2026).

The integrated logic can be expressed as the following cycle: CURRENT HUMAN CAPITAL PROFILE → GAP ANALYSIS → FORECAST OF FUTURE REQUIREMENTS → TARGET PROFILE → DEVELOPMENT SCENARIO → INVESTMENT AND ACTION PLAN → IMPLEMENTATION → OUTCOME ASSESSMENT → UPDATED PROFILE.

At the present stage, the model is deliberately conceptual. The specific indicator set, normalization procedures, weighting coefficients and threshold values should be established through empirical research rather than imposed in advance. This limitation is methodological rather than substantive: it preserves the possibility of adapting the model to different organizational contexts and provides a clear direction for subsequent empirical validation.

Conclusions. The study substantiates the need to integrate human capital assessment and development planning in the digital economy. The main conceptual contribution is the transition from a static assessment of available human resources toward a dynamic assessment of current capabilities, development potential and future strategic requirements. Five interconnected dimensions—resource, competency, adaptive-innovative, organizational-technological and performance—provide a structured basis for such assessment.

The proposed cycle of assessment, gap identification, forecasting, target profiling, scenario selection, implementation and reassessment transforms assessment into a planning mechanism. Digital readiness, learning agility and human–technology synergy should be considered as important characteristics of human capital development because they determine the ability of organizations to respond to rapid technological change.

References

1. Becker, G. S. (1993). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education (3rd ed.). The University of Chicago Press.
2. Deloitte. (2026). 2026 global human capital trends: From tensions to tipping points: Choosing the human advantage. Deloitte Insights. https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/human-capital-trends.html
3. Hoichuk, V., & Liubomudrova, N. (2024). The impact of strategic human capital management on the competitiveness of an enterprise. Three Seas Economic Journal, 5(2). https://doi.org/10.30525/2661-5150/2024-2-1

4. Hoichuk, V., & Liubomudrova, N. (2025). Indicators of socio-economic efficiency of personnel development in the context of digitalization. Economics & Education, 10(2).
5. McKinsey & Company. (2025). HR Monitor 2025: A comprehensive look at the HR landscape. https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organization/our-insights/hr-monitor-2025
6. Microsoft. (2025). The 2025 annual Work Trend Index: The year the Frontier Firm is born. Microsoft. https://blogs.microsoft.com/blog/2025/04/23/the-2025-annual-work-trend-index-the-frontier-firm-is-born/
7. Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. The American Economic Review, 51(1), 1–17.
8. World Economic Forum. (2025). Chief People Officers Outlook 2025: Talent strategy amid global disruption. World Economic Forum. https://www.weforum.org/publications/chief-people-officers-outlook-september-2025/

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.003.83-85

ЕКОСИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Голубкін Сергій
аспірант
Кафедра фінансів, банківської справи та страхування
Факультет управління торговельно-підприємницькою та митною діяльністю
Державний біотехнологічний університет, Україна
ORCID ID 0009-0002-7673-4943

Сучасна цифрова трансформація промисловості поступово виходить за межі технологічної модернізації окремого підприємства. Її результативність дедалі більше залежить від взаємодії підприємств із фінансовими установами, державою, інвесторами, технологічними компаніями, науковими організаціями та іншими учасниками економічного середовища. За таких умов фінансове забезпечення цифрового розвитку набуває екосистемного характеру, оскільки передбачає не лише залучення коштів, а й поєднання фінансових ресурсів, компетентностей, технологій та інституційних можливостей.

Передумови такого підходу формуються внаслідок ускладнення самого процесу цифрової трансформації. Вона охоплює технічне переоснащення, автоматизацію, програмне забезпечення, цифрові платформи, роботу з даними, розвиток персоналу та перебудову бізнес-процесів. Українська концепція розвитку цифрової економіки також орієнтувалася на створення умов для

цифровізації реального сектору, розвитку цифрової інфраструктури та поширення цифрових технологій у господарській діяльності. Це означає, що цифровий розвиток промисловості потребує комплексної фінансової підтримки.

Важливою рисою екосистемного підходу є поєднання приватних і публічних фінансових ресурсів. Власні кошти підприємств забезпечують фінансову самостійність, проте часто недостатньо для реалізації масштабних трансформаційних проєктів. Тому поряд із банківським кредитуванням дедалі більшого значення набувають пайове фінансування, грантові програми, державна підтримка та партнерські інвестиції. У сучасних дослідженнях фінансового забезпечення інноваційного розвитку саме поєднання різних джерел розглядається як важлива умова реалізації трансформаційних змін [1].

Екосистемний характер фінансування особливо проявляється тоді, коли результати цифрових інвестицій виходять за межі одного підприємства. Цифрові платформи, інформаційні системи та технологічні мережі можуть одночасно використовуватися виробниками, постачальниками, логістичними компаніями, фінансовими установами та споживачами. Це створює можливості для спільного фінансування інфраструктури, розподілу інвестиційних витрат і ризиків, а також формування спільної економічної вигоди.

Особливе значення у цьому контексті має людський капітал. Цифрові технології не створюють очікуваного економічного ефекту без відповідних компетентностей персоналу та організаційної готовності підприємства до змін. Тому до об’єктів фінансового забезпечення необхідно відносити не лише обладнання й програмне забезпечення, а й навчання працівників, розвиток цифрових навичок, підготовку управлінського персоналу та формування нових організаційних компетентностей.

Фінансове забезпечення цифрової трансформації також має враховувати довгостроковий характер змін і підвищену невизначеність. Ефект від цифрових інвестицій може проявлятися у підвищенні продуктивності, скороченні простоїв, поліпшенні управління ресурсами, зростанні гнучкості та прискоренні прийняття рішень. Водночас висока швидкість технологічного оновлення та ризик морального старіння цифрових рішень потребують диверсифікації фінансових ресурсів і розподілу ризиків між учасниками трансформації.

Положення щодо необхідності формування багатокомпонентної системи фінансового забезпечення інноваційного розвитку представлені й у вітчизняних дослідженнях, де фінансування інновацій розглядається як взаємодія власних, залучених і державних фінансових ресурсів [3]. В умовах цифрової трансформації така логіка набуває ширшого змісту, оскільки до фінансових учасників додаються технологічні партнери, цифрові платформи, міжнародні фінансові організації та інші суб’єкти.

Європейський досвід підтверджує важливість комплексного фінансування цифрової трансформації. Інвестиції у цифровий розвиток передбачають взаємодію приватного бізнесу, фінансових установ і державного сектору, а доступність фінансування істотно впливає на темпи цифровізації підприємств

[4]. Це особливо важливо для капіталомістких галузей промисловості, де цифрові проєкти потребують значних початкових вкладень і мають тривалий період очікування результату.

Для України екосистемний підхід має додаткове значення у контексті модернізації промислового сектору. Цифровий розвиток розглядається як один із напрямів підвищення конкурентоспроможності та формування нових можливостей для економічного зростання [5]. Водночас обмеженість власних ресурсів підприємств посилює потребу у розвитку партнерських механізмів, залученні зовнішнього капіталу, державному стимулюванні цифрових інвестицій та використанні міжнародних програм підтримки.

Таким чином, екосистемний підхід розширює традиційне розуміння фінансового забезпечення промислового підприємства. Його зміст полягає не лише у формуванні достатнього обсягу фінансових ресурсів, а й у створенні стійкої системи взаємодії учасників, здатної забезпечувати безперервне технологічне оновлення, розвиток цифрових компетентностей та адаптацію підприємства до змін.

Список використаних джерел

1. Петрашевська А., Колонтай С., Проноза О. Концептуальні основи фінансового забезпечення інноваційного розвитку підприємства. Київський економічний науковий журнал. 2024. № 5. С. 108–113. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-5-16.
2. Фінансове забезпечення інноваційного розвитку України : монографія / М. І. Диба, О. М. Юркевич, Т. В. Майорова, І. В. Власова та ін. ; за ред. М. І. Диби, О. М. Юркевич. Київ : КНЕУ, 2013. 425 с. URL: https://www.eib.org/files/publications/ economic_investment_report_2021_2022_en.pdf.
3. Delanote J., Rückert D., Weiss C. Investing in Europe’s digital transformation. Investment Report 2021/2022: Recovery as a springboard for change. Luxembourg : European Investment Bank, 2022. Ch. 5. P. 189–235.
4. Ляшенко В. І., Вишневський О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : НАН України, Ін-т економіки промисловості, 2018. 252 с.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.004.86-89

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ПРОДУКЦІЇ

Гарбажій Катерина Станіславівна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
докторант кафедри торговельного підприємництва,
товарознавства та управління бізнесом,
Одеський національний технологічний університет, Україна
ORCID ID 0009-0001-3059-3623

Конкурентоспроможність є складною багатовимірною економічною категорією, яка тривалий час перебуває в центрі наукових досліджень, а її актуальність зумовлена посиленням конкуренції в умовах глобалізації економічних процесів, динамічністю ринкового середовища, інтенсифікацією інноваційних змін, а також зростанням вимог споживачів до якості, функціональних характеристик і споживчої цінності продукції. В загальнотеоретичному аспекті конкурентоспроможність доцільно трактувати як соціально-економічну категорію, що відображає здатність суб'єкта господарювання досягати легітимним шляхом стійких економічних і соціальних переваг у конкурентному середовищі. У прикладному вимірі вона визначається як інтегральна властивість об'єкта, що характеризує ступінь відповідності його техніко-функціональних, економічних, організаційних та інших параметрів вимогам споживачів. Така відповідність зумовлює ринкові позиції об'єкта, визначає рівень його присутності на ринках та створює передумови для формування бар'єрів входу для конкурентів. Водночас конкурентоспроможність не є статичною характеристикою, а має виражений динамічний характер, оскільки формується під впливом змін у зовнішньому середовищі та внутрішніх трансформацій діяльності суб'єкта господарювання, що зумовлює необхідність її розгляду не лише як результату функціонування, а і як процесу, який потребує постійного управлінського супроводу та адаптації до змін ринкової кон'юнктури.

Розвиток теоретичних уявлень про конкурентоспроможність пов'язаний із формуванням різних підходів до її трактування. Одним із ключових є маркетинговий підхід, який ґрунтується на концепції споживчої цінності та конкурентних переваг і представлений у працях Ф. Котлера, Ж.-Ж. Ламбена, Д. Аакера. За маркетингового підходу конкурентоспроможність інтерпретується як здатність продукції або суб'єкта господарювання відповідати вимогам і запитам споживачів, що підкреслює її визначальну роль у формуванні споживчої цінності. Подальший розвиток цього підходу пов'язаний із розширенням уявлень

про джерела конкурентних переваг, зокрема через здатність формувати унікальні комбінації ресурсів, компетенцій і умов зовнішнього середовища, що трансформуються у специфічні ринкові пропозиції.

У сучасній науковій літературі відсутнє універсально визнане визначення поняття «конкурентоспроможність», що зумовлено багатогранністю цього феномену та різноманітністю підходів до його інтерпретації. Зокрема, в межах результативного підходу конкурентоспроможність пов'язується з ефективністю функціонування суб'єктів господарювання та їхньою здатністю забезпечувати стабільні економічні результати. Інший напрям досліджень акцентує увагу на інвестиційній складовій, розглядаючи конкурентоспроможність як передумову зростання доходів, формування інвестиційного потенціалу та забезпечення довгострокового розвитку економічних систем.

В сучасній економічній теорії поняття конкурентоспроможності застосовується до об'єктів різного рівня ієрархії: продукції, підприємства, галузі, регіону та національної економіки загалом. Для наочного відображення взаємозв'язків і взаємозалежностей між рівнями конкурентоспроможності доцільно застосовувати концепцію «піраміди конкурентоспроможності», яка репрезентує ієрархічну структуру формування конкурентних переваг та механізми їх взаємного впливу (рис. 1). Між різнорівневими проявами конкурентоспроможності існує системний, ієрархічно детермінований зв'язок, що характеризується взаємозв'язками та наявністю прямих і зворотних впливів.

Рис. 1 - Ієрархічна структура формування конкурентоспроможності

За пірамідальної моделі конкурентоспроможність об'єктів нижчих рівнів слугує основою формування конкурентних переваг на вищих щаблях піраміди, тоді як останні забезпечують інституційне та економічне середовище для їх реалізації. Така взаємодія має циклічний характер і відображає цілісність функціонування економічної системи. Базовий рівень становить конкурентоспроможність продукції, яка формує первинні конкурентні переваги

завдяки відповідності якісних, цінових та інноваційних характеристик вимогам споживачів.

Аналіз наукових джерел свідчить про значну варіативність трактувань поняття «конкурентоспроможність продукції», що зумовлює наявність різних підходів до визначення його сутності.

У наукових працях Орлова П. А. та Міщенко В. В. [1] Конкурентоспроможність продукції трактується як інтегральна характеристика, що відображає сукупність її параметрів, зокрема якість, ціну, ефективність маркетингового супроводу, вплив факторів зовнішнього середовища, імідж виробника та прибутковість реалізації на конкретному ринку у визначений період часу.

В дослідженнях Пилипенка А. А., Фартушняк О. В. та Пасічник І. Ю. [2] Конкурентоспроможність продукції розглядається як об'єкт управління та інтерпретується як динамічна характеристика, що формується під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. При цьому вона визначається як відносна перевага продукції над аналогами, що проявляється у більш вигідному співвідношенні сукупності її якісних характеристик і витрат споживача на придбання та використання.

Уточнення сутності поняття «конкурентоспроможність продукції» потребує врахування її динамічного характеру, керованості та системного взаємозв'язку з діяльністю суб'єкта господарювання, що створює підґрунтя для подальшого розвитку методичних підходів до її оцінювання та забезпечення. Конкуренція набуває ознак цілеспрямованої боротьби виробників за споживача на ринку товарів і послуг, а в ситуації, коли продукція різних виробників є близькою за якісними характеристиками та має незначні відмінності у ціні, вирішального значення набувають інструменти та методи впливу на споживача, що забезпечують формування стійких конкурентних переваг. Зокрема, у наукових дослідженнях Михайленка О. В. та Орлова К. Г. [3] управління конкурентоспроможністю продукції розглядається як цілеспрямований вплив на сукупність факторів її формування, серед яких ключовими є якість, ціна, терміни постачання, імідж підприємства-виробника, рівень маркетингової підтримки, а також витрати на експлуатацію продукції.

Узагальнення наукових джерел свідчить, що вітчизняні та зарубіжні дослідники переважно розглядають управління конкурентоспроможністю продукції крізь призму результативного або процесного підходу, і водночас питання методологічного забезпечення оцінювання рівня конкурентоспроможності продукції як ключового інструмента посилення ринкових позицій підприємства залишаються недостатньо систематизованими.

За результативного підходу управління конкурентоспроможністю продукції розглядається як діяльність, спрямована на досягнення та підтримання певного рівня конкурентних переваг. Зокрема, Бондаренко С. М. [4] зазначає, що управління конкурентоспроможністю має носити рейтинговий характер, тобто бути орієнтованим на формування і підтримання конкурентних переваг шляхом впливу на чинники, умови та джерела їх виникнення з використанням відповідних оціночних інструментів.

Процесний підхід, у свою чергу, акцентує увагу на безперервності та комплексності управлінського впливу. Так, Клименко С. М. та співавтори [5] трактують управління конкурентоспроможністю як сукупність заходів, що реалізуються на всіх етапах життєвого циклу продукції — від розроблення і виробництва до реалізації та післяпродажного обслуговування — з метою забезпечення її привабливості для споживача. Подальший розвиток процесного підходу розглядає управління конкурентоспроможністю як адаптивний процес, що передбачає коригування управлінських рішень на основі аналізу змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі, а також орієнтацію виробництва на задоволення поточних і перспективних потреб споживачів.

Окремої уваги заслуговує підхід, згідно з яким конкурентоспроможність продукції розглядається як динамічний об’єкт управління.

Таким чином, узагальнення наукових підходів дозволяє дійти висновку, що управління конкурентоспроможністю продукції є складним, багатофакторним та багатоаспектним процесом, який поєднує елементи стратегічного, процесного та адаптивного управління і спрямований на формування, підтримання та розвиток конкурентних переваг продукції в умовах динамічного ринкового середовища.

Узагальнення сучасних теоретичних підходів до управління конкурентоспроможністю продукції дає підстави розглядати його як складну, багаторівневу та відкриту систему, що інтегрує сукупність взаємопов’язаних елементів і спрямована на формування, підтримання та розвиток конкурентних переваг продукції в умовах динамічного ринкового середовища. Такий підхід ґрунтується на положеннях стратегічного управління, ресурсної концепції, ринково-орієнтованої теорії та процесного підходу, які в сукупності забезпечують комплексне бачення механізмів формування конкурентоспроможності.

Список використаних джерел

1. Орлов П. А., Міщенко В. В. Організаційно-економічні аспекти оцінки конкурентоспроможності продукції машинобудування. Управління розвитком. 2006. № 7 (Спецвипуск). С. 198–201.
2. Пилипенко А. А., Фартушняк О. В., Пасічник І. Ю. Конкурентоспроможність продукції промислового підприємства: організація управління та маркетингове забезпечення : монографія. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2017. 280 с.
3. Михайленко О. В., Орлова К. Г. Система управління конкурентоспроможністю продукції підприємства. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2017. Вип. 13 (2). С. 114–117.
4. Бондаренко С. М. Рейтингове управління конкурентоспроможністю продукції промислових підприємств (на прикладі взуттєвого виробництва) : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.06.01 / Нац. ун-т харч. технологій. Київ, 2002. 23 с.
5. Клименко С. М., Омельяненко Т. В., Барабась Д. О. Управління конкурентоспроможністю підприємства : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2008. 520 с.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.005.90-93

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ТА КРИЗОВИХ ВИКЛИКІВ

Шалений Володимир Анатолійович
кандидат економічних наук, доцент
докторант кафедри торговельного підприємництва,
товарознавства та управління бізнесом
Одеський національний технологічний університет, Україна
ORCID ID 0000-0003-2671-4776

У 2019–2025 рр. умови діяльності агропромислових підприємств змінювалися під впливом чинників різної природи та інтенсивності. Поряд із коливаннями ринкової кон'юнктури суттєвого значення набули порушення логістичних маршрутів, обмеження експортних операцій, подорожчання матеріальних та енергетичних ресурсів, дефіцит трудових ресурсів, фізична втрата частини виробничої інфраструктури та ускладнення доступу до фінансування. Їхня одночасна дія змінила не лише рівень операційних ризиків, а й сам механізм формування фінансово-економічних результатів підприємств.

Характерною особливістю сучасного етапу є одночасний вплив декількох груп кризових чинників, що значно ускладнює прогнозування результатів діяльності та вибір адекватних управлінських рішень. Якщо за відносно стабільних умов негативні зміни окремих показників могли мати локальний або тимчасовий характер, то в умовах економічної нестабільності їх взаємне посилення здатне спричиняти накопичення дисбалансів у виробничій, фінансовій, збутовій, інвестиційній і ресурсній сферах діяльності. Внаслідок цього погіршення одного параметра, зокрема зростання собівартості або скорочення обсягів реалізації, може поступово трансформуватися у зниження прибутковості, дефіцит оборотного капіталу, погіршення ліквідності, зростання боргового навантаження та послаблення фінансової стійкості підприємства [1].

Для агропромислових підприємств зазначені загрози посилюються специфічними особливостями їх діяльності, серед яких сезонність виробничих процесів, залежність від природно-кліматичних умов, значна ресурсомісткість окремих технологічних операцій, тривалі виробничі цикли, необхідність формування запасів, територіальна розосередженість виробничої бази та висока залежність від логістичної інфраструктури [2]. Важливою рисою є також обмежена можливість швидкого коригування окремих виробничих параметрів після початку відповідного технологічного циклу, що зменшує гнучкість підприємства у разі різких змін ринкової ситуації. Це зумовлює підвищені

вимоги до прогнозування, планування, контролю витрат, управління грошовими потоками та своєчасного виявлення негативних відхилень.

Водночас кризове середовище не лише формує загрози, а й змінює характер розвитку підприємств, стимулюючи пошук альтернативних моделей постачання та збуту, диверсифікацію ринків, оптимізацію виробничих процесів, упровадження цифрових технологій, перегляд структури витрат і підвищення гнучкості управлінських систем. Унаслідок цього результати діяльності окремих підприємств можуть істотно відрізнятися навіть за умов впливу однакових зовнішніх факторів. Це свідчить про те, що кризостійкість визначається не лише інтенсивністю зовнішніх загроз, а й внутрішніми можливостями підприємства щодо їх прогнозування, нейтралізації та адаптації до змін. Особливого значення набуває дослідження сучасних тенденцій функціонування агропромислових підприємств не лише за загальною динамікою галузевих показників, а й шляхом встановлення характеру змін основних параметрів їхньої економічної діяльності [3].

Такий аналіз дає змогу виокремити тенденції загальногалузевого характеру, визначити прояви системної нестабільності та виявити специфічні проблеми, притаманні окремим підприємствам або сегментам агропромислового сектору.

До зовнішніх чинників, що найбільш суттєво визначають умови функціонування агропромислових підприємств, належать воєнно-безпекові, макроекономічні, ринкові, логістичні, енергетичні, інституційні та природно-кліматичні чинники. Їхній вплив проявляється через зміну доступності ресурсів, вартості виробництва, можливостей збуту, умов фінансування, тривалості операційного циклу та рівня прогнозованості господарських процесів. При цьому дія одного чинника здатна поширюватися на декілька функціональних сфер підприємства, що ускладнює локалізацію кризових проявів.

Внутрішні джерела нестабільності значною мірою пов’язані зі структурою витрат, рівнем фінансової залежності, достатністю оборотного капіталу, ефективністю використання ресурсів, якістю планування, швидкістю управлінського реагування та рівнем інформаційно-аналітичного забезпечення. За несприятливих умов зовнішнього середовища саме внутрішня організаційно-економічна спроможність підприємства визначає глибину негативного впливу та можливість його нейтралізації. Підприємства з більш диверсифікованою структурою діяльності, достатнім фінансовим резервом, розвиненою системою контролю та оперативним інформаційним забезпеченням мають ширші можливості для адаптації до змін, тоді як накопичення внутрішніх дисбалансів підвищує ризик переходу окремих негативних відхилень у кризовий стан.

Особливо важливим є те, що кризові чинники проявляються не ізольовано, а формують певні ланцюги взаємного впливу. Наприклад, порушення логістичних маршрутів спричиняє зростання транспортних витрат і тривалості постачання, що підвищує собівартість продукції та потребу в оборотному капіталі. Обмеження доступу до фінансових ресурсів, своєю чергою, знижує можливості своєчасного фінансування виробничого циклу, оновлення техніки та

реалізації інвестиційних проєктів. У результаті виникає послідовність негативних змін, яка може охоплювати виробничу, фінансову, збутову та інвестиційну сфери діяльності.

Саме взаємопов'язаний характер дії кризових факторів зумовлює необхідність їх систематизації не лише за джерелами виникнення, а й за напрямами впливу на результати економічної діяльності підприємств.

Кризові виклики для агропромислових підприємств мають багатовекторний характер і охоплюють практично всі складові їхньої економічної діяльності. При цьому найбільшу загрозу формує не стільки дія окремого негативного фактора, скільки одночасне поєднання декількох дестабілізуючих впливів, що створює кумулятивний ефект і прискорює погіршення результативних показників. Масштаб такого впливу підтверджується динамікою сільськогосподарського виробництва: після найбільш суттєвого скорочення у 2022 р. та часткового відновлення в наступні роки стабільної висхідної тенденції не сформувалося.

За остаточними даними Державної служби статистики України, у 2025 р. загальний обсяг сільськогосподарської продукції зменшився ще на 3,1 % порівняно з 2024 р. Це свідчить про збереження значного впливу кризових факторів навіть за поступової адаптації підприємств до нових умов господарювання. Однак використання агрегованого показника без відповідної структурної деталізації не дає повного уявлення про характер трансформацій, оскільки динаміка окремих видів аграрної продукції була неоднорідною.

У 2025 р. обсяг виробництва зернових і зернобобових культур становив 61,0 млн т, що на 8,2 % перевищував показник 2024 р. Водночас виробництво цукрового буряку скоротилося на 8,7 %, а соняшнику – на 7,0 %. Основними зерновими культурами залишалися кукурудза, валовий збір якої досяг 30,9 млн т, та пшениця – 23,3 млн т. Така різноспрямованість змін підтверджує, що відновлення агропромислового сектору відбувається нерівномірно, а результати діяльності підприємств значною мірою залежать від їх виробничої спеціалізації, територіального розміщення, структури ресурсного забезпечення та можливостей адаптації до зовнішніх обмежень.

Особливо чітко взаємозалежність кризових факторів простежується між ресурсною, логістичною та фінансовою складовими. Зростання вартості матеріально-технічних ресурсів і транспортних послуг збільшує собівартість продукції, а подовження логістичного циклу зумовлює додаткову потребу в оборотному капіталі. За таких умов доступність фінансових ресурсів стає одним із визначальних чинників підтримання безперервності виробничого процесу. Водночас останні тенденції свідчать про поступове відновлення кредитної активності: за даними Національного банку України, чисті гривневі кредити бізнесу протягом року зростали темпами 30 % і більше, а серед секторів, у яких кредитування зростало найактивніше, визначено сільське господарство та харчову промисловість.

Не менш вагомими залишаються ринкові та збутові ризики. Значна орієнтація агропромислового сектору на зовнішні ринки підвищує залежність підприємств

від стану транспортної інфраструктури, доступності експортних маршрутів, світової цінової кон'юнктури та валютних коливань. Водночас навіть збільшення фізичних обсягів виробництва не завжди трансформується у відповідне покращення економічних результатів, оскільки зміна цін реалізації, логістичних витрат і собівартості може істотно змінювати величину отриманої маржі.

Ще більш виражені відмінності спостерігаються під час зіставлення динаміки виробництва та ціни. У 2025 р. індекс цін реалізації сільськогосподарської продукції становив 126,1 % до рівня попереднього року, у тому числі продукції рослинництва — 127,2 %, а продукції тваринництва — 119,2 %. Отже, приріст цін становив відповідно 26,1 %, 27,2 % та 19,2 % за одночасного скорочення фізичного обсягу сільськогосподарського виробництва на 3,1 %.

Виявлена різноспрямованість має принципове значення для оцінювання результатів економічної діяльності підприємств. Зростання цін реалізації за одночасного скорочення фізичних обсягів виробництва може забезпечувати збільшення номінальних доходів підприємства, однак таке збільшення не обов'язково свідчить про підвищення його економічної результативності. За умов одночасного подорожчання матеріально-технічних ресурсів, енергетичних і логістичних послуг збільшення виручки може супроводжуватися скороченням операційної маржі та погіршенням фактичного фінансового результату. Відповідно, позитивна динаміка вартісних показників без урахування зміни фізичних обсягів, цінового фактора та витрат здатна формувати викривлене уявлення про фактичний стан підприємства.

Саме тому для оцінювання кризостійкості та в межах антикризового управління необхідним є зіставлення натуральних показників із динамікою доходів, витрат, прибутку, рентабельності та грошових потоків, оскільки за позитивною динамікою окремих показників можуть приховуватися кризові ознаки. На тлі цього підприємства поступово формуються нові адаптаційні моделі поведінки, що передбачають диверсифікацію каналів постачання і збуту, зміну логістичних маршрутів, оптимізацію структури витрат, перегляд виробничих програм, використання альтернативних джерел енергозабезпечення та активніше застосування цифрових засобів планування й моніторингу.

Список використаних джерел

1. Носань Н., Борисенко О., Назаренко Т. Антикризове управління та стратегічний розвиток підприємств у період війни. Економіка та суспільство. 2024. № 68. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-18
2. Дацюк А., Процак К., Городня Т. Адаптація бізнесу в умовах війни. Економіка та суспільство. 2024. № 67. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-8
3. Кривов'язюк І. Антикризове управління підприємством в умовах війни: загальна характеристика й пошук рішень щодо доцільності його запровадження. Економіка та суспільство. 2025. № 78. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-26

HOMEOSTASIS OF HUMAN CAPITAL FOR REALIZATION IN THE ECONOMIC SPHERE: AN EMERGENT-ENDOGENOUS CONCEPT

Melnychuk Dmytro
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Department of Psychology and Social Welfare
Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine

In the contemporary post-industrial world, the realization of the human capital effect depends not only on the quantitative accumulation of its endogenous components, but also on their combination and recombination, and, consequently, on the orderliness and coherence of their interaction. Conceptualizing human capital through the principles of structural-functional analysis enables a fundamental methodological transition from its simplified resource-like interpretation to understanding it as an architectonically complex, self-regulating system governed by specific endogenous laws of formation and development. In particular, applying structural-functional principles demonstrates that discrete investment in individual subsystems of human capital, without considering structural alignment, fails to guarantee the desired growth in productivity, transforming the investment process into financial wastefulness. Furthermore, our position is reinforced by the concept of Complexity Economics [1], according to which human capital emerges as an open Complex Adaptive System (CAS), shifting the analytical focus from the endogenous components themselves – though this issue remains relevant – to the architecture and configuration of the interconnections between them.

The synthesis of structural-functional analysis and Complexity Economics makes it possible to overcome the static nature of classical models and reveal the deep causal dynamics of human capital. Characterizing the ontogenesis of the latter as a system in its evolutionary process – which naturally occurs synchronously with the evolution of socio-economic processes – we posit that this system is governed by the general Law of Increasing Functional Information, formulated in 2023 by an interdisciplinary team of researchers led by M. Wong and R. Hazen. According to this fundamental law, any complex system composed of many interacting components naturally evolves toward increasing complexity, diversity, and internal orderliness, provided its configurations undergo selection for function [2]. In the economic dimension, the carrier of this universal pattern is Human himself, whose human capital embodies the unity of four core subsystems: educational-competence, somatic (health capital), social, and psychological. In this sense, the modern market environment imposes strict requirements on maintaining subject productivity, thereby exercising «functional selection». In response to exogenous shocks and crisis phenomena, the human capital system achieves stability not through passive existence, but through endogenous self-organization – a consistent and systematic complication of internal architecture, alongside the reconfiguration of psychosomatic and intellectual resources to fulfill its

primary function: full-fledged realization in the economic sphere. Otherwise, manifesting the human capital effect – defined as the yield of assets currently or previously within an investment framework – becomes impossible in the long term.

Given this causal construct encompassing exogenous shock, functional selection, and endogenous self-organization, we emphasize that the key theoretical and methodological prerequisite for its highly efficient functioning is the concept we introduce: emergent-endogenous harmony. We define this as a fundamental internal state of qualitative correspondence, proportionality, and complementarity among the four core subsystems of human capital: educational-competence (the classical cognitive foundation according to T. Schultz and G. Becker), psychosomatic (physical and mental health capital), social (networks of trust, norms, and communication according to P. Bourdieu, J. Coleman, and F. Fukuyama), and psychological (the structure of mental resilience and motivation reflected in F. Luthans' PsyCap/HERO model). Consequently, emergent-endogenous harmony serves as the foundation and precondition for the emergence of a synergistic effect per se. In turn, this synergistic effect represents a qualitatively new outcome of the system's operation, realizing in practice the core idea of the proposed approach: human capital is not the result of simple arithmetic summation of educational and other components, but is realized as an economic asset through their functionally driven, non-linear systemic interference.

No less critical is ensuring homeostasis, which we propose to define as the qualitative capacity of human capital as an emergent-endogenous system to maintain functional stability, systemic integrity, and specified productivity indicators under intense external crisis loads, institutional pressure, and socio-economic shocks.

The proposed methodological matrix forms a rigorous causal chain: emergent-endogenous harmony, synergistic effect, homeostasis for realization in the economic sphere. Furthermore, the operationalization of measuring the first link in this chain entails evaluating not the absolute values of each of the four human capital subsystems, but calculating an integral index of dispersion (structural imbalance) among them, which, in turn, drives the gain in return within the framework of the synergistic effect.

Thus, it is argued that homeostasis is not a random, purely externally driven, or spontaneous characteristic. Rather, it emerges as a natural functional consequence and result of achieving emergent-endogenous harmony, which forms the primary synergistic basis of stability in accordance with the fundamental laws of complex systems evolution. The practical value of the developed concept lies in the possibility of its application to construct comprehensive diagnostic matrices of internal human capital imbalances, as well as to substantiate priorities for investment and anti-crisis policies under conditions of uncertainty.

References

1. Arthur W. B. Foundations of complexity economics. Nature Reviews Physics. 2021. Vol. 3, No. 2. P. 136–145
2. On the roles of function and selection in evolving systems / M. L. Wong, C. P. Hazen, R. M. Hazen et al. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2023. Vol. 120, No. 43. e2310223120

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.006.96-99

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ФОРМУВАННЯ ЕКСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Жигилій Олена Геннадіївна
аспірант
Спеціальність «Міжнародні економічні відносини»
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна
ORCID ID 0009-0007-2835-8708

Експортний потенціал - це інтегральна економічна характеристика суб'єкта господарювання, галузі або національної економіки, що відображає здатність формувати, нарощувати та реалізовувати конкурентоспроможні експортні потоки на зовнішніх ринках на основі поєднання виробничо-ресурсних, технологічних, інституційних, інфраструктурних та маркетингових можливостей, з урахуванням вимог міжнародних стандартів, динаміки світової кон'юнктури та рівня адаптивності до зовнішньоекономічних ризиків.

Специфіка аграрного сектору зумовлює наявність низки особливостей, які визначають логіку формування експортного потенціалу та відрізняють його від інших галузей економіки.

На думку Бондар В. Ю. [1], на формування та реалізацію експортного потенціалу підприємств впливає сукупність взаємопов'язаних факторів, які доцільно згрупувати за рівнем їх прояву.

До першої групи належать загальні зовнішні чинники, що визначають умови функціонування промислових підприємств на міжнародних ринках. Серед них виділяються розвиток науково-технічного прогресу, політична ситуація, кон'юнктура світових ринків, особливості державного регулювання, а також діяльність міжнародних організацій, що формують правила зовнішньоекономічної взаємодії.

Другу групу становлять фактори, які безпосередньо впливають на експортні можливості конкретного підприємства. До них відносяться поведінка клієнтів і конкурентів, механізми державної підтримки національних експортерів, умови національного регуляторного середовища, взаємодія з постачальниками імпортних компонентів, розвиток міжнародної промислової кооперації, а також стан виробничої, транспортної та логістичної інфраструктури.

Третя група охоплює внутрішні чинники формування експортного потенціалу підприємства. Вони пов'язані з наявністю сучасного імпортного обладнання, розробленням та виробництвом інноваційної продукції, участю у міжнародних виробничих ланцюгах, забезпеченням імпортними

комплектуючими для виготовлення експортно орієнтованої продукції, а також достатнім рівнем фінансового потенціалу підприємства.

Зараз усі аграрні ринки мають високу волатильність цін та значну конкуренцію. Крім того, вони залежать від глобального попиту та пропозиції. За таких умов підприємства мають адаптуватися до змін у світовій кон'юнктурі, здійснювати диверсифікацію ринків збуту та формувати конкурентні переваги. Ефективна реалізація експортного потенціалу пов'язана з розвитком зовнішньоекономічної діяльності, оптимізацією структури експорту та орієнтацією на продукцію з високою доданою вартістю [2].

Як і будь-яка інша діяльність, експортна діяльність супроводжується значними ризиками. Ризикова природа формування експортного потенціалу аграрних підприємств проявляється у високому рівні невизначеності, який зумовлений впливом кліматичних, економічних, політичних та логістичних факторів. Зараз, в умовах війни, ці ризики значно посилюються, тим самим обумовлюючи необхідність диверсифікації експортних потоків та комплексного управління ними [3]. За таких умов, експортний потенціал набуває ознак адаптивної системи, здатної до трансформації під впливом зовнішніх змін.

Ризики проявляються на всіх етапах створення, нарощування та реалізації конкурентоспроможних експортних потоків і визначаються як внутрішніми, так і зовнішніми чинниками, що впливають на стабільність діяльності підприємства.

По-перше, кліматичні та природні фактори є наймастабнішими джерелами нестабільності. Зміни погодних умов, часті засухи, повені та інші екстремальні явища можуть значно зменшувати обсяги виробництва, знижувати якість продукції та порушувати терміни виконання контрактів на зовнішніх ринках [4]. В умовах глобального потепління аграрні підприємства зіштовхуються із необхідністю впровадження адаптивних технологій та страхування врожаю, що стає невід'ємною частиною управління ризиками.

По-друге, економічні ризики пов'язані з коливаннями цін на продукцію, змінами валютних курсів, нестабільністю попиту на світових ринках та коливанням витрат на виробництво. Для аграрних підприємств це означає необхідність постійного моніторингу ринкових тенденцій, використання фінансових інструментів хеджування та диверсифікації ринків збуту [5]

По-третє, державне регулювання, санкції, зміни митного та податкового законодавства та геополітичні конфлікти обмежують доступ до зовнішніх ринків. Особливо актуально для України, де зовнішньоекономічна діяльність аграрних підприємств часто залежить від змін у законодавстві, торгових угодах та міжнародній політичній кон'юнктурі.

По-четверте, логістичні ризики, які включають порушення транспортних ланцюгів, недостатню інфраструктуру перевезень та проблеми з митним оформленням. Наявність ефективної логістики є критичною умовою для своєчасної доставки продукції, особливо на далекі та висококонкурентні ринки, такі як ЄС.

Тож, ризикова природа експортного потенціалу аграрних підприємств визначає потребу у системному підході до управління зовнішньоекономічною діяльністю. Комплексна оцінка та моніторинг ризиків, прогнозування їхнього впливу та розробка заходів щодо пом'якшення наслідків стають невід'ємною складовою стратегії підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств на глобальному ринку.

Для системного розуміння ризикової природи формування експортного потенціалу аграрних підприємств доцільно структурувати ключові фактори невизначеності та оцінити їхній потенційний вплив на зовнішньоекономічну діяльність. В табл. 1. узагальнено основні категорії ризиків, їх прояви, можливі наслідки для експортного потенціалу та заходи щодо пом'якшення негативного впливу.

Таблиця 1 – Класифікація ризиків при формуванні експортного потенціалу аграрних підприємств

Категорія ризику	Сутність та прояви	Можливі наслідки для експортного потенціалу	Заходи пом'якшення ризиків
Кліматичні та природні	Засухи, повені, заморозки, шкідники	Зниження обсягів та якості продукції, порушення термінів експорту	Адаптивне землеробство, страхування врожаю, зрошувальні системи
Економічні	Коливання цін, валютні ризики, нестабільний попит	Зменшення прибутковості, ризик невиконання контрактів	Диверсифікація ринків, хеджування, фінансове планування
Політичні та інституційні	Зміни законодавства, санкції, геополітичні конфлікти	Обмеження доступу до ринків, підвищення витрат на ведення зовнішньоекономічної діяльності	Моніторинг законодавства, участь у міжнародних угодах, лобіювання
Логістичні	Перевантаження транспортних шляхів, порушення поставок, митні затримки	Несвоєчасна доставка, втрата контрактів, додаткові витрати	Розвиток логістичної інфраструктури, диверсифікація маршрутів, страхування транспорту

*дані сформовано автором

Кліматичні, економічні, політичні та логістичні ризики взаємопов'язані та можуть чинити синергетичний ефект, що ускладнює прогнозування та планування експортної діяльності. Інтеграція оцінки ризиків при формуванні експортного потенціалу аграрного підприємства є необхідною умовою не лише для мінімізації втрат, а й для створення стабільної та конкурентоспроможної експортної пропозиції на міжнародних ринках.

Таким чином, формування та реалізація експортного потенціалу аграрних підприємств відбуваються під впливом комплексу взаємопов'язаних ризиків. Їхня взаємодія посилює невизначеність зовнішньоекономічної діяльності та може призводити до скорочення виробничих і експортних обсягів, зростання

витрат, порушення контрактних зобов'язань та втрати конкурентних позицій на міжнародних ринках.

В умовах воєнних і трансформаційних викликів для України особливої актуальності набуває ризик-орієнтований підхід до забезпечення експортного потенціалу, який передбачає системну ідентифікацію та оцінювання ризиків, прогнозування їхнього впливу, диверсифікацію експортних ринків і логістичних маршрутів, застосування фінансових та страхових інструментів, а також підвищення адаптивності підприємств. Отже, інтеграція ризик-менеджменту в систему формування експортного потенціалу є важливою передумовою забезпечення його стійкості, конкурентоспроможності та ефективної інтеграції аграрних підприємств України у міжнародні ринки.

Список використаних джерел

1. Бондар В. Ю. Експортний потенціал як фактор розвитку підприємств. Молодий вчений. 2023. С. 48–51. URL: https://molodyivchenyi.ua/omp/index.php/conference/catalog/download/28/567/1148-1.
2. Кондратюк О., Стояненко І. Експортний потенціал агросектора України. Scientia Fructuosa. 2022. Vol. 144, Is. 4. P. 26–51. DOI: https://doi.org/10.31617/1.2022(144)03.
3. Корженівська Н. Л., Осадчук І. О., Сидорак Я. І. Експортний потенціал аграрної галузі України в умовах невизначеності та ризиків. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. № 43. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-2.21.
4. The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security 2025 – Digital solutions for reducing risks and impacts / FAO. Rome : FAO, 2025. DOI: https://doi.org/10.4060/cd7185en.
5. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032 / OECD, FAO. Paris : OECD Publishing, 2023. DOI: https://doi.org/10.1787/08801ab7-en.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.007.100-103

СТРАТЕГІЯ ЖИТЛОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ: ПРИНЦИПИ ВВВ, БЕЗПЕКА ТА ІНСТИТУЦІЙНА СТІЙКІСТЬ

Власенко Олександр Анатолійович
викладач
Кафедра економіки, маркетингу, обліку і оподаткування,
Східноєвропейський Університет імені Рауфа Аблязова,
м. Черкаси, Україна
ORCID ID 0009-0001-4277-6013

Україна внаслідок повномасштабної військової агресії зазнала колосальних втрат житла, за наявними оцінками, станом на середину 2023 р. пошкоджено або знищено близько 13 % житлового фонду, а прямі збитки галузі перевищують 54–57 млрд дол. США [1]. Втрата житла має не лише матеріальний, а й інституційно-соціальний вимір, оскільки супроводжується ерозією базових механізмів соціальної безпеки, порушенням територіальної цілісності спільнот і поглибленням уразливості домогосподарств до шоків.

Відновлення житла, згідно з міжнародними дослідженнями та практиками післяконфліктної реконструкції [2], виступає ключовою передумовою повернення внутрішньо переміщених осіб, реституції соціального капіталу та активізації місцевих економік.

Міжнародний досвід засвідчує, що належно спроєктовані програми реконструкції житлового фонду сприяють зниженню соціальних напружень, консолідації спільнот і відновленню довіри до державних інституцій. Відбудова, зорієнтована на суто фізичне відтворення житла без урахування демографічних, соціально-економічних та просторових факторів, породжує неефективність та недовантаження житлових об’єктів: показовим є прецедент Боснії і Герцеговини, де частина реконструйованого фонду залишалася невикористаною через прорахунки в плануванні та невідповідність потребам домогосподарств [3].

В українських умовах це зумовлює необхідність політики, що поєднує підвищені стандарти якості та безпеки забудови з уникненням надмірної концентрації населення у високоризикових локаціях і паралельним розвитком соціальної інфраструктури (робочі місця, освіта, охорона здоров’я), без якої відновлені території не можуть забезпечити стійке повернення населення.

Портфелі відбудови доцільно фазувати: швидкі ремонти та середня реновація для повернення людей та хвиля глибоких модернізацій нерухомості із обов’язковими теплотехнічними й вентиляційними рішеннями; економічні модулі оцінювання мають включати ризики війни та енергошоків (страхування воєнних ризиків, сценарний аналіз тарифів), а також метрики для відповідності

BBB/ЄС-вимогам; слід розвивати фінансову екосистему: муніципальні та «зелені» облігації під житлові кластери, державно-приватне партнерство для соціального/орендного житла, а також проєкти утилізації скидного тепла з промисловості/ТЕЦ для мікромереж кварталів.

Масштаби руйнувань житла та тривалість воєнних дій означають, що житлове відновлення не може бути короткостроковою програмою; воно розтягнеться на десятиліття й відбуватиметься в умовах змінної конфігурації ризиків, що зумовлює особливу важливість ризик-зважених підходів (табл. 1).

Таблиця 1 - Ризик-зважена типологія територій та інструменти житлового відновлення

Тип зони	Характеристика ризику та ушкоджень	Провідні типи інтервенцій	Пріоритетні фінансові інструменти	Очікуваний ефект для стійкості / безпеки
Стабільні тилові регіони	Відносно безпечні регіони. Характеризуються концентрацією попиту й інвестицій. Менша частка руйнувань, але потенційно зростаючий попит на нове житло.	Масштабування будівництва постійного житла. Нова забудова, реновація з метою енергоефективності та кліматичної нейтральності.	Ринково-орієнтовані інструменти: іпотечні програми, гарантійні схеми для банків, зелені та соціальні облігації. Фінансові інструменти ЄС.	Сприяння інтеграції України в європейський простір та економічний простір. Зниження просторових диспропорцій.
Території середнього ризику	Території, які потребують узгодження вимог стійкості, безпеки й фіскальної спроможності. Значний обсяг ушкоджень (від середніх до великих).	Диференціація за типами втручань (ремонт, реновація, повна реконструкція), залежно від співвідношення між ремонтами, реновацією та реконструкцією. Інтегроване планування.	Комбінована модель: поєднання бюджетних програм (для соціально вразливих груп) із гарантованими кредитними лініями та страховими схемами. Муніципальні облігації відбудови.	Досягнення цілей BBB («stronger, faster, more inclusive»). Вбудовування механізмів адаптації до майбутніх загроз (воєнних, кліматичних, економічних).
Високоризикові/ прифронтові території	Території з масштабними руйнуваннями. Характеризуються низькою привабливістю для приватних інвесторів. Умови змінної конфігурації ризиків.	Домінування перехідних рішень та критичних ремонтів. Швидке житлове реагування (тимчасові модульні містечка, конверсія будівель, субсидії на оренду).	Прямі бюджетні видатки, гранти. Застосування ex post механізмів покриття збитків. Потреба у зовнішній допомозі.	Оперативне реагування на наслідки шоку. Запобігання консервації тимчасових рішень (якщо інтегровано з довгостроковим плануванням).

Житло в науковому дискурсі посідає місце інфраструктурного мосту між соціальною безпекою (здоров'я, бідність, житлова стабільність), державною

політикою (соціальне житло, регуляторика оренди, урбан-планування) та енергетичною/критичною інфраструктурою (енергоефективність, енергобезпека, управління ризиками). Для післявоєнної інвестиційної політики це означає необхідність інтегрованого дизайну: поєднати принципи «Build Back Better» (BBB – відбудувати краще, ніж було) та декарбонізації з інструментами доступності/стабільності проживання й міською політикою землекористування, а також – з ризик-орієнтованими рішеннями для теплової та електричної інфраструктури на рівні кварталів і будинків.

У контексті інтеграції до європейського житлового простору українська дискусія дедалі більше зміщується від вузькогалузевого бачення житлової політики до парадигми, в якій житло розглядається як елемент ширшого «зеленого» та соціального переходу. Європейські стандарти енергоефективності, кліматичної нейтральності та інклюзивності, закріплені в оновлених вимогах до енергетичної ефективності будівель, цілях «нульових» викидів та підходах до доступного й соціального житла, поступово стають точкою відліку для формування українських підходів до відновлення житлового фонду [4]. Це передбачає не лише технічну адаптацію будівельних норм (теплова ізоляція, системи опалення, відновлювані джерела енергії, універсальний дизайн), а й перегляд критеріїв якості житла, де поряд із площею та вартістю фіксуються показники енергоспоживання, вуглецевого сліду, доступності для маломобільних груп та змішаного соціального складу районів. За таких умов інвестиційна політика житлового відновлення не може бути автономною від енергетичної та кліматичної політики. Вона має бути скоординована з цілями енергетичного переходу – зменшенням споживання енергії в житловому секторі, зниженням залежності від викопних ресурсів, підвищенням стійкості будівель до кліматичних ризиків. Практично це означає зміщення акценту з мінімально необхідного відновлення пошкоджених об’єктів до глибокої модернізації та реконструкції, яка забезпечує суттєве скорочення енергоспоживання, інтеграцію «розумних» систем управління, підвищення рівня комфорту проживання й відповідність європейським стандартам на горизонті кількох десятиліть.

Досвід країн, які імплементували принцип BBB (Build Back Better) у чітких критеріях відбору проєктів та умовах фінансування, доводить їхню ефективність у мінімізації ризиків і зростанні довіри до державних інституцій. Для України це означає, що доступ до публічних ресурсів на житлове відновлення доцільно пов’язувати з дотриманням стандартів стійкості: наявністю укриттів чи інтегрованих безпекових рішень, підвищеною енергоефективністю, врахуванням потреб маломобільних груп, можливістю адаптації житла до змінних умов.

Список використаних джерел

1. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4), February 2022 – December 2024. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations, 2025. DOI: https://doi.org/10.1596/42908.
2. Barakat S. Housing reconstruction after conflict and disaster. London : Overseas Development Institute, 2003. 42 p.

3. Мигаль М. Відновлення житла після воєн: досвід яких країн важливий для України. Інститут аналітики та адвокації. URL: https://iaa.org.ua/articles/reconstruction-of-housing-after-wars-experience-of-which-countries-is-important-for-ukraine/.
4. Gil-Mastalerczyk J., Proskuryakov V., Zima K. Future of the European Housing environment in Ukraine: Challenges, Directions and Reconstruction Scenarios (Part 2). Środowisko Mieszkaniowe/Housing Environment. 2025. Vol. 51, no.2. P. 78-86. DOI: https://doi.org/10.2478/he-2025-0014

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.008.103-106

БАГАТОРІВНЕВЕ ВРЯДУВАННЯ ЯК МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Антонюк Микола
аспірант
«Інститут регіональних досліджень
ім. М. І. Долішнього НАН України»,
м. Львів, Україна

Система регіонального розвитку України на сучасному етапі функціонує в умовах суттєвих інституційних та соціально-економічних трансформацій, пов'язаних із децентралізацією, європейською інтеграцією, повномасштабною війною та необхідністю відновлення територій. Через такі умови результативність регіональної політики значною мірою залежить від всебічної співпраці та узгодженості дій державних органів, регіональних інституцій із органами місцевого самоврядування та інших суб'єктів розвитку. Це актуалізує необхідність використання принципів багаторівневого врядування як основи координації управлінських рішень і ресурсів.

Багаторівневе врядування передбачає взаємодію різних рівнів публічної влади та інших суб'єктів у процесі формування й реалізації політики. На відміну від традиційної вертикальної моделі управління, воно ґрунтується на принципах партнерства, координації, субсидіарності та спільної відповідальності. У європейській практиці багаторівневе врядування розглядається як важливий механізм узгодження дій Європейського Союзу, держав, регіональних і місцевих органів влади та інших зацікавлених сторін[1].

Для регіонального розвитку значення такого підходу полягає у можливості поєднати загальнодержавні стратегічні пріоритети з потребами та потенціалом конкретних територій. При цьому кожен рівень управління виконує власну функцію: державний рівень визначає загальні засади політики та забезпечує

нормативне і ресурсне забезпечення; регіональний — адаптує їх до специфіки області та координує розвиток території; місцевий — безпосередньо реалізує значну частину проєктів і заходів розвитку [2].

Нормативну основу такої взаємодії формує Закон України «Про засади державної регіональної політики», який закріплює, зокрема, принципи субсидіарності, партнерства, координації та узгодженості державної, регіональної і місцевої політики [3]. Водночас стратегічні орієнтири регіонального розвитку визначаються на державному та регіональному рівнях у межах системи стратегічного планування, важливе місце в якій посідає Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 роки [4].

З огляду на це, багаторівневе врядування доцільно розглядати як механізм узгодження стратегічних цілей, повноважень, ресурсів та управлінських рішень між різними рівнями влади й іншими суб'єктами регіонального розвитку, де його функціонування передбачає одночасну вертикальну взаємодію між рівнями публічної влади та горизонтальну взаємодію між територіями, бізнесом, громадськістю, науковими установами й міжнародними партнерами.

Саме запропоновану модель багаторівневого врядування у забезпеченні регіонального розвитку України доцільно представити на рис. 1.

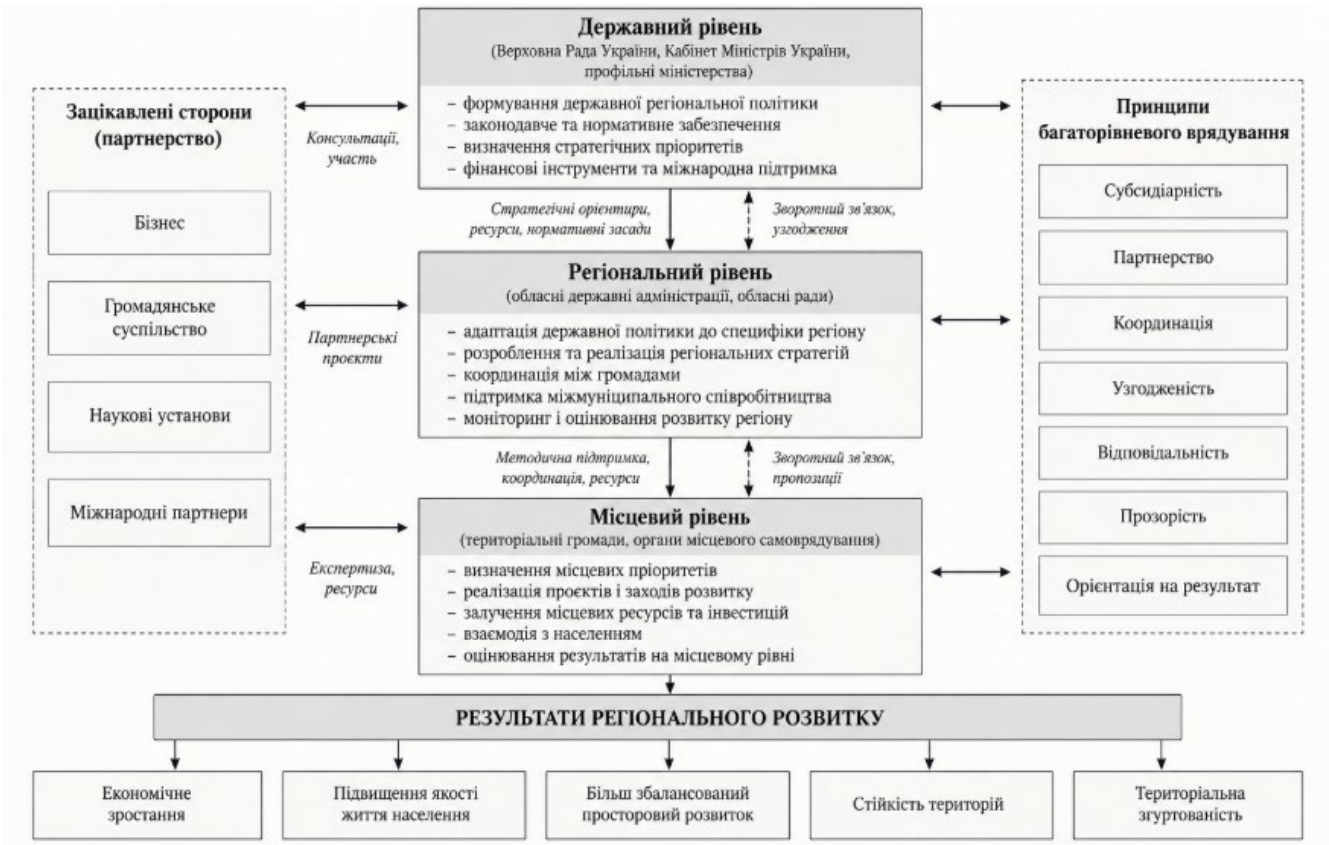


Рис. 1. Механізм багаторівневого врядування у забезпеченні регіонального розвитку України
Джерело: розроблено автором.

На запропонованій та представленій моделі видно, що багаторівневе врядування не зводиться до простого розподілу повноважень між державним, регіональним та місцевим рівнями, а її основу становить система взаємної координації та зворотного зв'язку, у межах якої стратегічні орієнтири й ресурси передаються від державного рівня до регіонального та місцевого, а інформація про потреби територій, результати реалізації та проблеми повертається до вищих рівнів управління[5].

Важливою складовою моделі є залучення інших суб'єктів врядування. Бізнес забезпечує інвестиційний та підприємницький потенціал, громадянське суспільство — участь і громадський контроль, наукові установи — аналітичне та експертне забезпечення, а міжнародні партнери — фінансову, технічну та інституційну підтримку. Їх взаємодія з органами влади формує горизонтальний вимір багаторівневого врядування[6].

Функціонування такої системи ґрунтується на низці ключових принципів: субсидіарності, партнерства, координації, узгодженості, відповідальності, прозорості та орієнтації на результат. Їх поєднання дозволяє забезпечити баланс між загальнодержавними інтересами та територіальною специфікою регіонів і громад[5].

Особливого значення багаторівневе врядування набуває в умовах повоєнного відновлення України. Значна територіальна диференціація наслідків війни, різний рівень руйнувань та інституційної спроможності громад зумовлюють необхідність диференційованих управлінських рішень. OECD підкреслює, що сучасні регіональні виклики мають нерівномірний вплив на території, тому політика розвитку має враховувати специфіку регіонів та передбачати координацію між різними рівнями управління [7].

Окремого значення набуває взаємозв'язок багаторівневого врядування зі стратегічним плануванням та публічними інвестиціями. Стратегічні документи визначають пріоритети розвитку, механізми багаторівневого врядування забезпечують їх узгодження між різними рівнями, а публічні та приватні інвестиції створюють ресурсну основу для практичної реалізації.

Таким чином, формується послідовний управлінський цикл: визначення стратегічних пріоритетів → узгодження між рівнями → мобілізація ресурсів → реалізація проектів → моніторинг результатів → коригування рішень.

Разом із тим розвиток багаторівневого врядування в Україні супроводжується низкою проблем, серед яких недостатня координація між рівнями влади, нерівномірність інституційної спроможності територій, дублювання окремих функцій та недостатній обмін інформацією. OECD у дослідженні української децентралізації наголошує на необхідності подальшого зміцнення координаційних механізмів, спроможності субнаціональних органів влади та узгодженості регіональної політики [2].

Отже, багаторівневе врядування доцільно розглядати як інтегруючий механізм сучасної регіональної політики, який поєднує вертикальну координацію між рівнями публічної влади з горизонтальною взаємодією між

територіями та іншими суб'єктами розвитку. Його результативність визначається здатністю забезпечити узгодженість стратегічних цілей, повноважень і ресурсів та перетворити їх на конкретні результати територіального розвитку.

Можемо відвести висновок, що багаторівневе врядування формує інституційну основу для ефективної реалізації регіональної політики України в умовах децентралізації, війни та повоєнного відновлення. Його подальший розвиток потребує посилення вертикальної та горизонтальної координації, розвитку партнерства між владою, бізнесом, громадськістю та науковим середовищем, підвищення інституційної спроможності регіонів і громад та інтеграції стратегічного планування з фінансовими й інвестиційними механізмами. Це дозволить перейти від формального розподілу повноважень до результат-орієнтованої моделі багаторівневого управління регіональним розвитком.

Список використаних джерел

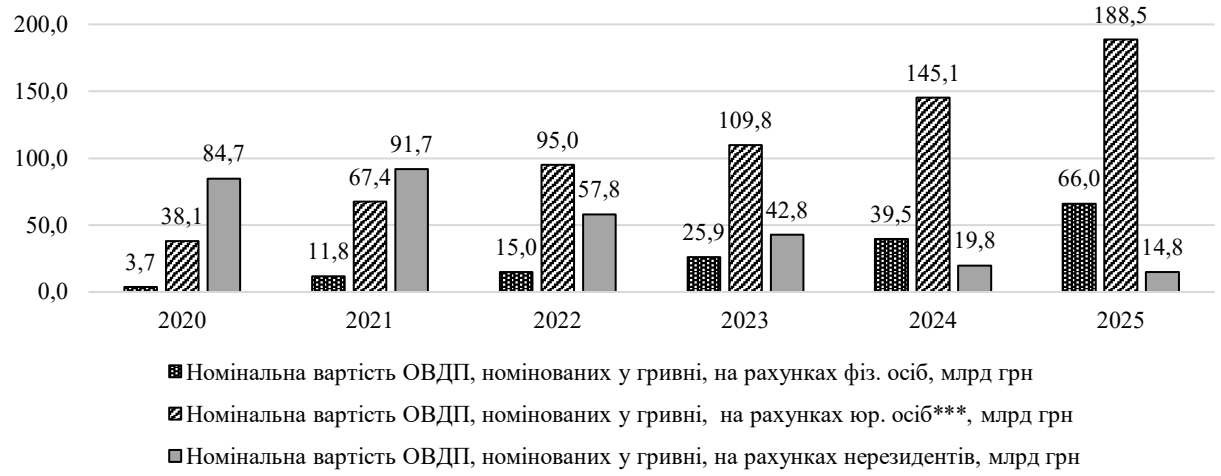
1. Committee of the Regions. (2009). White paper on multilevel governance. European Union.
2. OECD. (2018). Maintaining the momentum of decentralisation in Ukraine. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264301436-en
3. Верховна Рада України. (2015). Про засади державної регіональної політики: Закон України від 5 лютого 2015 року № 156-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/156-19
4. Кабінет Міністрів України. (2020). Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки: Постанова від 5 серпня 2020 року № 695. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-п
5. OECD. (2019). Effective multi-level public investment: OECD principles in action. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c3bc625b-en
6. OECD. (2023a). Regions in industrial transition 2023: New approaches to persistent problems. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5604c2ab-en
7. OECD. (2023b). Rethinking regional attractiveness in the new global environment. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a9448db4-en

Section: Finance and Banking

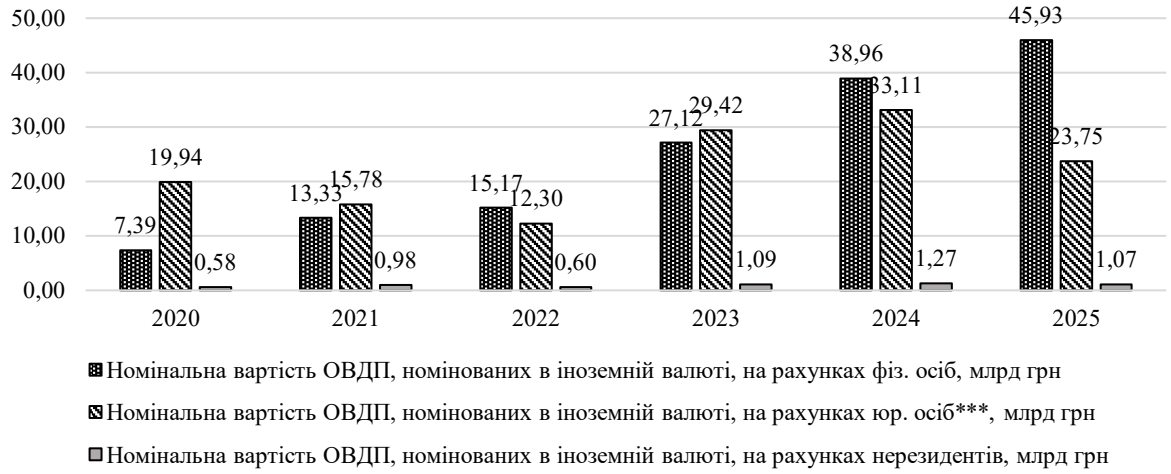
КОМПЕНСАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗАХИСТУ ІНВЕСТОРІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФІНАНСОВОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ФОНДОВОГО РИНКУ

Гонгало Сергій
здобувач наукового ступеня доктора філософії
Кафедра фінансових ринків та технологій
Державний податковий університет, Україна

Однією з фундаментальних передумов фінансової стабільності фондового ринку є довіра інвесторів до професійних учасників ринку. Вона проявляється у готовності економічних агентів набувати та утримувати цінні папери; передавати свої активи професійним учасникам депозитарної системи; здійснювати довгострокові інвестиції; не виходити з ринку навіть за умов підвищення рівня невизначеності. При цьому в аспекті довіри мова насамперед йде про індивідуальних інвесторів, тобто фізичних осіб, оскільки саме їх активна участь перетворює фондовий ринок із відносно вузького професійного середовища на масовий механізм трансформації заощаджень в інвестиції. Так, це не зумовлює автоматичного підвищення капіталізації фондового ринку, але суттєво впливає на його масштабованість та формування і поширення культури інвестування. Першим об'єктивно вдалим кейсом у залученні індивідуальних інвесторів на фондовий ринок України став ринок державних облігацій (рис. 1). Так, зокрема номінальна вартість ОВДП, номінованих у грн на рахунках фізичних осіб протягом 2020-2025 рр. зросла приблизно у 18 разів, а в іноземній валюті – у 6 разів. Активність індивідуальних інвесторів на ринку державних облігацій насамперед розпочалася у 2022 році та суттєво була зумовлена, з одного боку, суспільною згуртованістю проти військової агресії, а з іншого боку, забезпеченням їх економічної вигоди та операційній зручності їх придбання насамперед через мережу банків України, переважна більшість яких пропонують якісні та зручні цифрові застосунки як канали продажу фінансових послуг. Це, незважаючи на досить низьку грамотність населення України у сфері фінансових інвестицій, згенерувало вагомий поштовх до залучення індивідуальних інвесторів на ринок капіталів.



а) ОВДП, номіновані у гривні, на рахунках у цінних паперах



б) ОВДП, номіновані в іноземній валюті, на рахунках у цінних паперах

Примітки: * - окрім професійних учасників фондового ринку; ** - ОВДП, номіновані в гривні; *** - окрім банків та страхових компаній.

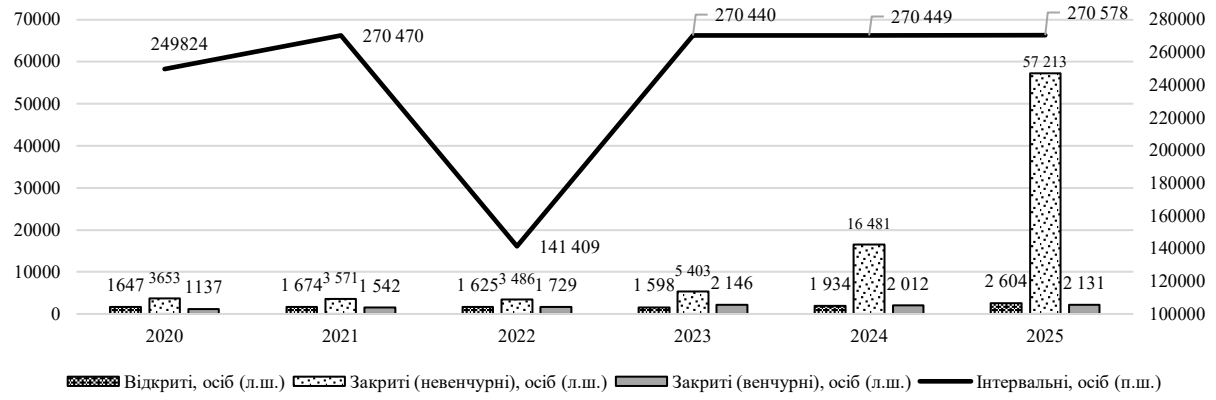
Рис. 1. Загальна номінальна вартість цінних паперів на рахунках фізичних та юридичних осіб протягом 2020-2025

Джерело: складено автором на основі [1; 2]

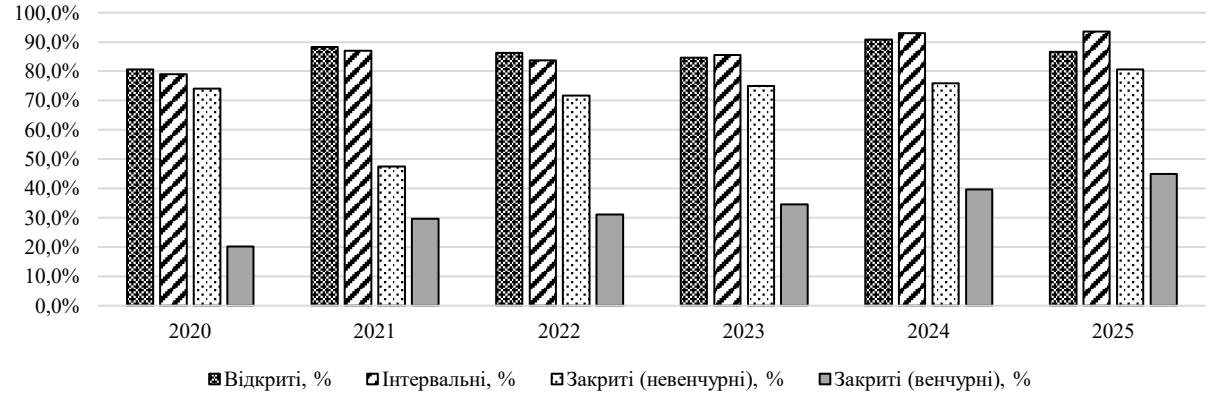
Інший кейс стосується ринку приватних інвестицій. Так, на фоні помірної зміни кількості учасників (фізичних осіб-резидентів) відкритих та венчурних фондів, починаючи з 2023 року має місце стрімке зростання кількості індивідуальних інвесторів інтервальних фондів, а саме у 10,6 разів (рис. 2).

За даними Української асоціації інвестиційного бізнесу (УАІБ) це було зумовлено активним входом на ринок закритих недиверсифікованих пайових інвестиційних фондів Inzhur REIT та Inzhur Energy [4]. Ці фонди запропонували низький поріг входу (Inzhur REIT від 11 грн), зрозумілий об’єкт інвестування (нерухомість), цифровий канал придбання та інформаційну прозоріст, тобто можна стверджувати, що інвестиційний фонд Inzhur став піонером у формуванні нової моделі масового спільного інвестування через публічні закриті фонди. За даними фінансової звітності в управлінні КУА Inzhur на кінець 2025 року перебувало 45 310 рахунків інвесторів Inzhur REIT та 7 082 рахунки інвесторів

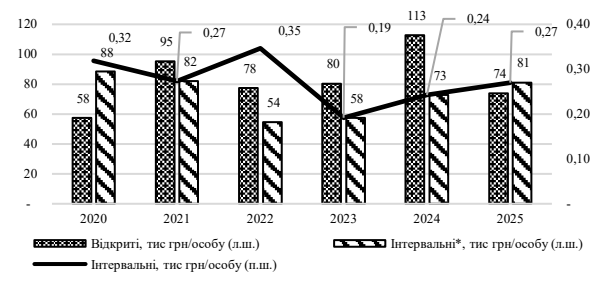
Inzhur Energy. Своєю чергою, за останніми оприлюдненими статистичними даними УАІБ лідерами із залучення коштів інвесторів серед закритих фондів стали Inzhur REIT, який отримав найбільший чистий приплив капіталу обсягом 416,75 млн грн, та Inzhur Energy – 25,27 млн грн лише протягом липня 2026. Для порівняння, вартість чистих активів 14 відкритих ІСІ України на кінець липня становила лише близько 251 млн грн.



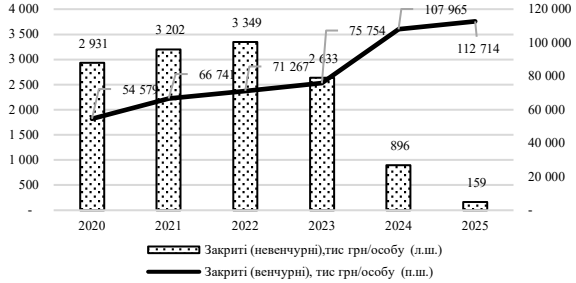
а) кількість фізичних осіб-учасників (резидентів) ІСІ у розрізі їх типів, осіб



б) частка вартості чистих активів ІСІ, яка сформована фізичними особами-учасниками (резидентами), %



в) середній обсяг вартості чистих активів відкритих та інтервальних ІСІ на одного індивідуального інвестора



г) середній обсяг вартості чистих активів закритих (венчурних та невенчурних) ІСІ на одного індивідуального інвестора

Примітка. * - для розрахунку показника кількість індивідуальних інвесторів інтервальних ІСІ прийнято за 900 осіб.

Рис. 2. Індикативний профіль довіри індивідуальних інвесторів до ринку спільного інвестування протягом 2020-2025 років

Джерело: розрахунки автора на основі [3].

На нашу думку, це є прагматичним доказом, що зручність та зрозумілість інвестування для індивідуального інвестора є первинним для його входження на фондовий ринок, аніж, наприклад, диверсифікованість фондів або гарантованість викупу ЦП, що має місце у відкритих ІСІ.

Вельми очікуваним є швидке поширення цієї моделі продажу інвестиційних продуктів на ринку невенчурного спільного інвестування, що автоматично посилює актуальність захисту прав індивідуальних інвесторів задля унеможливлення порушення початкового формування їх довіри до фондового ринку. Це доречно реалізувати шляхом перейняття міжнародної практики та інституційного запровадження компенсаційного механізму. Так, в країнах Європейського Союзу це питання регламентовано Директивою 97/9/ЕС [5] про схеми компенсації інвесторам їх активів у разі шахрайства або інших адміністративних зловживань, або коли інвестиційна фірма не в змозі виконати свої зобов'язання внаслідок операційних помилок. Наразі мінімальний рівень компенсації на одного інвестора становить 20 000 євро.

Відмітимо, що у травні 2026 року НКЦПФР затвердила план заходів щодо адаптації законодавства України до права Європейського Союзу і одним з ключових напрямів регулятором визначено розробити та прийняти Закон України щодо запровадження систем компенсацій інвесторам [6]. Цей захід чітко ув'язується з підвищенням довіри інвесторів до професійних учасників ринків капіталу та активізацією їх інвестиційної діяльності.

При цьому систему компенсації індивідуальним інвесторам на фондовому ринку тлумачимо як інституційний механізм захисту майнових інтересів некваліфікованих інвесторів, призначений для часткового або повного відшкодування вартості коштів та фінансових інструментів, які професійний учасник ринку капіталу не спроможний повернути інвестору внаслідок своєї неплатоспроможності, порушень обліку, операційних збоїв або інших установлених законом обставин, без компенсації збитків, зумовлених реалізацією ринкового, кредитного чи іншого інвестиційного ризику.

Її запровадження дозволить сформувати трирівневу систему захисту прав індивідуальних інвесторів, а саме: І рівень – превентивний захист, на якому реалізується сегрегація активів клієнтів, депозитарний облік, пруденційні вимоги та нагляд з боку НКЦПФР за діяльністю професійних учасників; ІІ рівень – відновлення права власності шляхом повернення/переведення цінних паперів клієнта іншій депозитарній установі, інвестиційній фірмі або компанії з управління активами ІСІ; ІІІ рівень – компенсаційний механізм шляхом виплати інвесторам у випадку, коли частину інвестиційних активів неможливо повернути. Варто відмітити, що в Україні функціонує І рівень захисту та частково ІІ рівень захисту, тому формування інституційного середовища для запровадження компенсаційного механізму інвесторам сформувало б цілісну систему захисту їх майнових прав.

Стосовно формування грошового фонду компенсаційного механізму, то доцільно урахувати досвід Польщі в особі Національного депозитарія як

адміністратора інституту компенсації, який запроваджено об'єктно-орієнтований підхід до визначення розміру внесків професійних учасників фондового ринку, а саме його залежність не від статусом суб'єкта, а обсягу активів індивідуальних інвесторів, щодо яких цей суб'єкт створює компенсаційний ризик. Своєю чергою, для України доцільно запропонувати такий підхід до визначення розміру внеску певного ІСІ:

$$C_i = (\alpha M_i + \beta S_i) \cdot k_i, \quad (1)$$

де M_i – середній обсяг коштів інвесторів у професійного учасника; S_i – середня вартість фінансових інструментів у власності інвесторів; α та β – встановлені регулятором норми відрахувань у відсотковому вимірі; k_i – коефіцієнт індивідуального ризику професійного учасника.

До ефектів впровадження компенсаційного механізму майнових прав інвесторів відносимо: зменшення інституційного ризику інвестора; укорінення довіри до професійних учасників ринку; масштабування культури інвестування серед фізичних осіб та як результат розширення бази індивідуальних інвесторів. Це, своєю чергою, зумовить підвищення ліквідності фондового ринку та сприятиме його фінансовій стабільності.

Список використаних джерел

1. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. (2026). Звіт про роботу Комісії у 2025 році. URL : https://www.nssmc.gov.ua/wp-content/uploads/2026/05/zvit_2025.pdf.
2. Національний банк України. (2025). ОВДП, які знаходяться в обігу за номінально-амортизаційною вартістю. URL : https://bank.gov.ua/ua/markets/t-bills.
3. Українська асоціація інвестиційного бізнесу. (2025). Огляд діяльності індустрій управління активами інституційних інвесторів та адміністрування пенсійних фондів в Україні за 4-й квартал 2024 року та 2024 рік. Інститути спільного інвестування. URL : https://www.uaib.com.ua/analituaib/publ-ici-quart/uaib-oglyad-za-4-y-kvartal-2024-roku-ta-2024-rik-instituti-spilnogo-investuvannya.
4. Українська асоціація інвестиційного бізнесу. (2025). Огляд розвитку галузі спільного інвестування в Україні 2004-2024. 2025. Київ. URL : https://www.uaib.com.ua/news/oglyad-rozvitku-galuzi-spilnogo-investuvannya-v-ukrajini-u-2004-2024-rr.
5. On investor-compensation schemes : Directive 97/9/EC of the European Parliament and of the Council of 3 March 1997. URL : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31997L0009.
6. Про затвердження плану заходів НКЦПФР з виконання Національної програми адаптації законодавства України до права Європейського Союзу (acquis ЄС) : Розпорядження НКЦПФР від 13.05.2026. URL : https://www.nssmc.gov.ua/document/?id=105311212.

Section: Geography, Geology and Geodesy

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ГІС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ ГРОМАД

Кириленко Аліна
здобувачка
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства
ім. О. М. Бекетова, Україна

Анотація. У статті висвітлено роль технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем у сучасному моніторингу територій громад [1, 4]. Розглянуто основні джерела супутникових даних, методи їх обробки та аналізу, а також особливості застосування ГІС для виявлення змін у землекористуванні, стані земельних ресурсів і просторовому розвитку територій.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи, супутникові дані, моніторинг територій, територіальна громада, земельні ресурси, просторові дані, землекористування, просторовий розвиток.

Введення. Сучасний розвиток територіальних громад в Україні супроводжується необхідністю постійного контролю за станом земельних ресурсів, характером землекористування та змінами у просторовій структурі територій. У цих умовах використання актуальної та достовірної просторової інформації є важливою передумовою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень і планування розвитку громад [1]. Технології дистанційного зондування Землі забезпечують можливість оперативного отримання інформації про стан земної поверхні, забудову, рослинність та інші об’єкти території [2]. Поєднання супутникових даних із можливостями геоінформаційних систем дозволяє здійснювати їх обробку, просторовий аналіз, виявляти та оцінювати зміни, що відбуваються на території громад [3]. Активні процеси зміни землекористування, розширення забудови та вплив природних і антропогенних чинників зумовлюють необхідність систематичного моніторингу територій із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій [4]. У зв’язку з цим дослідження застосування дистанційного зондування Землі та ГІС для моніторингу територій громад є актуальним і має важливе практичне значення.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є обґрунтування ролі технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем у забезпеченні ефективного моніторингу територій громад. Для досягнення поставленої мети передбачено аналіз можливостей використання супутникових даних для спостереження за станом територій, дослідження основних джерел отримання даних дистанційного зондування Землі, характеристику методів їх

обробки та просторового аналізу в ГІС, а також визначення можливостей виявлення змін у землекористуванні, забудові та стані земельних ресурсів для інформаційного забезпечення управління територіями [1]–[4].

Висновки. Технології дистанційного зондування Землі та геоінформаційні системи є важливими інструментами сучасного моніторингу територій громад. Використання супутникових даних забезпечує оперативне отримання актуальної інформації про стан земельних ресурсів, характер землекористування, забудову, рослинний покрив та зміни, що відбуваються на території [2], [3]. Інтеграція даних дистанційного зондування Землі в геоінформаційне середовище дає змогу здійснювати просторовий аналіз, порівнювати стан територій у різні періоди та своєчасно виявляти природні й антропогенні зміни [1]. Використання ГІС розширює можливості обробки та візуалізації отриманих даних і сприяє підвищенню обґрунтованості рішень щодо використання земельних ресурсів та просторового розвитку громад [4]. Отже, комплексне застосування дистанційного зондування Землі та ГІС є ефективним підходом до систематичного моніторингу територій і важливою складовою інформаційного забезпечення управління територіальними громадами.

Список використаних джерел

1. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. Київ : Вища школа, 2009. – 511 с.
2. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2006. – 295 с.
3. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. Київ : Наукова думка, 2006. – 358 с.
4. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Впровадження комплексної системи моніторингу землекористування та користування іншими природними ресурсами методом дистанційного зондування Землі [Електронний ресурс]. Київ. Режим доступу: офіційний сайт Держгеокадастру (дата звернення: 10.09.2026).

Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering

МЕТОД ФОРМУВАННЯ СЕМАНТИЧНОГО ПРОФІЛЮ РЕПЛІКИ В ДІАЛОГАХ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ

Чистотін Олексій Володимирович
аспірант
Кафедра інформаційних систем
Національний університет «Одеська Політехніка»
м. Одеса, Україна

Анотація. У роботі розглянуто метод формування семантичного профілю репліки в діалогах цифрових сервісів психологічної підтримки. Репліка подається не лише як текстове повідомлення, а як багатокомпонентний об'єкт, що поєднує текстове представлення, роль автора, позицію в діалозі, локальний контекст, тематичні та емоційні ознаки, комунікативний намір, рівень невизначеності й службову ознаку. Сформований профіль може використовуватися для подальшої класифікації реплік, визначення діалогових станів і побудови графово-контекстного представлення діалогу.

Ключові слова: обробка природної мови, семантичний профіль, аналіз діалогів, контекстне моделювання, класифікація тексту, машинне навчання.

Вступ. Цифрові сервіси психологічної підтримки формують значні масиви діалогових повідомлень, які потребують автоматизованого семантичного аналізу. Такі повідомлення часто є короткими, неповними, емоційно забарвленими та залежними від попередніх реплік. Тому аналіз окремого тексту без урахування ролі автора, позиції в діалозі й локального контексту може призводити до неточної інтерпретації.

Сучасні методи обробки природної мови дають змогу отримувати векторні представлення текстів і використовувати їх у задачах класифікації [1]. Трансформерні моделі, зокрема BERT і XLM-R, забезпечують якісне подання змісту повідомлень [2; 3], однак embedding-представлення не завжди відображає комунікативну функцію репліки, її зв'язок із попередніми повідомленнями та поточним етапом діалогу. Для діалогових даних важливими також є емоційні маркери й комунікативні наміри [4; 5]. Це зумовлює потребу у формуванні розширеного семантичного профілю репліки як проміжного формалізованого об'єкта між початковим текстом і графово-контекстною моделлю.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є розроблення методу формування семантичного профілю репліки в діалогах цифрових сервісів психологічної підтримки, який забезпечує поєднання текстових, рольових,

позиційних, контекстних, тематичних, емоційних, інтенційних і службових ознак у єдиному представленні.

Для досягнення мети необхідно формалізувати склад семантичного профілю; визначити спосіб урахування локального контексту; описати тематичний, емоційний та інтенційний компоненти; ввести показник невизначеності інтерпретації; показати можливість використання профілю для подальшої класифікації реплік.

Матеріали та методи. Вхідним об'єктом методу є структурована репліка m_i, що містить текст повідомлення, роль автора, порядкову позицію, часовий маркер і службову ознаку. Для репліки також задається локальний контекст C_i, який складається з попередніх повідомлень. Семантичний профіль формується як конкатенація окремих компонентів:

$$P_i = [x_i; r_i; p_i^*; c_i; t_i; e_i; q_i; u_i; z_i]. \quad (1)$$

У формулі x_i позначає текстове векторне представлення, r_i – роль автора, p_i^* – позиційне представлення, c_i – контекстний вектор, t_i – тематичний компонент, e_i – емоційний компонент, q_i – комунікативний намір, u_i – невизначеність інтерпретації, z_i – службову ознаку. Текстове представлення отримується з нормалізованого тексту репліки:

$$x_i = E_x(\tilde{b}_i), \quad x_i \in \mathbb{R}^{d_x}. \quad (2)$$

Контекстний компонент формується як зважена сума векторів попередніх реплік:

$$c_i = \sum_{m_j \in C_i} \alpha_{ij} x_j. \quad (3)$$

Коефіцієнти α_{ij} визначають значущість попередньої репліки для поточного повідомлення. У базовому варіанті вони обчислюються через нормовану експоненту семантичної подібності:

$$\alpha_{ij} = \frac{\exp\left(\mathrm{sim}(x_i, x_j)\right)}{\sum_{m_l \in C_i} \exp\left(\mathrm{sim}(x_i, x_l)\right)}. \quad (4)$$

Таке зважування дозволяє не прирівнювати всі попередні повідомлення, а виділяти ті, що мають найбільший змістовий зв'язок із поточною реплікою. Це особливо важливо для коротких відповідей на кшталт «так», «не знаю», «можливо», які без контексту майже не мають самостійного змісту.

Тематичний, емоційний та інтенційний компоненти формуються відповідними функціями аналізу:

$$t_i = E_t(m_i, C_i), \quad e_i = E_e(m_i, C_i), \quad q_i = E_q(m_i, C_i). \quad (5)$$

Тема описує змістовий напрям повідомлення, емоційний компонент фіксує афективні маркери, а комунікативний намір визначає функцію репліки в діалозі: звернення, уточнення, опис ситуації, емоційну реакцію, підтримувальну відповідь, пошук варіанту дії, завершення або службову ескалацію.

Для фіксації неоднозначних повідомлень у профіль вводиться рівень невизначеності:

$$u_i = 1 - \max_{y \in Y} p(y|x_i, c_i, r_i). \quad (6)$$

Якщо ймовірності кількох класів є близькими, значення u_i зростає. Це означає, що репліка потребує ширшого контексту або подальшої перевірки. Таким чином, метод не лише формує ознаковий опис повідомлення, а й вказує на потенційно неоднозначні випадки автоматизованої інтерпретації.

Результати дослідження та їх обговорення. Запропонований метод було апробовано на фрагментах відкритого корпусу MentalChat16K, який містить англомовні діалогові дані для дослідження систем розмовної підтримки у сфері ментального здоров'я [6]. Для попередньої перевірки змодельовано задачу класифікації реплік за їхніми комунікативними функціями. Порівнювалися варіанти представлення, що послідовно розширювали текстове подання додатковими компонентами (табл. 1).

Таблиця 1 – Попередня оцінка впливу компонентів профілю

Варіант представлення	Macro-F1
Тільки текстове представлення x_i	0,66
$x_i + r_i$	0,69
$x_i + r_i + p_i^*$	0,70
$x_i + r_i + p_i^* + c_i$	0,72
Додавання t_i та e_i	0,74
Додавання q_i та u_i	0,76
Повний семантичний профіль P_i	0,77

Отримані результати свідчать про доцільність розгляду репліки як багатокомпонентного об'єкта. Приріст Macro-F1 від 0,66 до 0,77 вказує, що додаткові компоненти не дублюють текстове представлення, а доповнюють його інформацією про роль автора, позицію, локальний контекст і функцію повідомлення. Найбільший практичний ефект очікується для коротких і неповних реплік, зміст яких неможливо коректно визначити без попереднього контексту.

Сформований семантичний профіль може бути використаний як у класичних класифікаційних алгоритмах, так і в графово-контекстних моделях. У другому випадку компоненти профілю стають основою для створення вузлів і зв'язків графа: репліка пов'язується з роллю автора, темами, емоційними маркерами, комунікативними намірами, станами діалогу та контекстно близькими повідомленнями.

Висновки. У роботі запропоновано метод формування семантичного профілю репліки в діалогах цифрових сервісів психологічної підтримки. Метод поєднує текстовий зміст, роль автора, позицію, локальний контекст, тематичні й емоційні ознаки, комунікативний намір, невизначеність і службову ознаку. Це дозволяє враховувати не лише текст повідомлення, а й умови його появи у діалоговій взаємодії.

Попереднє оцінювання показало, що поступове додавання компонентів профілю підвищує якість класифікації реплік за Macro-F1. Подальші дослідження доцільно спрямувати на перевірку методу на україномовних корпусах, уточнення множин тематичних та емоційних маркерів, а також інтеграцію профілю з повною графово-контекстною моделлю діалогу.

Список використаних джерел

1. Calvo R. A., Milne D. N., Hussain M. S., Christensen H. Natural language processing in mental health applications using non-clinical texts. Natural Language Engineering. 2017. Vol. 23(5). P. 649–685. DOI: https://doi.org/10.1017/S1351324916000383.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. Proceedings of NAACL-HLT 2019. 2019. P. 4171–4186. DOI: https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423.
3. Conneau A., Khandelwal K., Goyal N. et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale. Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 2020. P. 8440–8451. DOI: https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.747.
4. Poria S., Majumder N., Mihalcea R., Hovy E. Emotion Recognition in Conversation: Research Challenges, Datasets, and Recent Advances. IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 100943–100953. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2929050.
5. Stolcke A., Ries K., Coccaro N. et al. Dialogue act modeling for automatic tagging and recognition of conversational speech. Computational Linguistics. 2000. Vol. 26(3). P. 339–373. DOI: https://doi.org/10.1162/089120100561737.
6. Xu J., Wei T., Hou B. et al. MentalChat16K: A Benchmark Dataset for Conversational Mental Health Assistance. Proceedings of the 31st ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2025. Vol. 2. P. 5367–5378. DOI: https://doi.org/10.1145/3711896.3737393.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКОВИХ СТАНІВ ІТ-ПРОЄКТІВ ЗА ДАНИМИ ГНУЧКОЇ РОЗРОБКИ

Устенко Сергій Анатолійович
к.т.н., професор
Кафедра штучного інтелекту та аналізу даних
Національний університет «Одеська політехніка»
м. Одеса, Україна

Анотація. Запропоновано нейромережеву модель оцінювання ризиків ІТ-проєктів на основі даних, що накопичуються під час гнучкої розробки. Вхідний опис стану проєкту формується з показників спринту, беклогу, виконання задач, дефектів, змін вимог і стабільності команди. Модель подає ризик як прогнозну оцінку ймовірності переходу проєкту або окремого спринту до проблемного стану. Такий підхід поєднує методи нейронних мереж, інтелектуального аналізу даних, управління ризиками та практику Agile-орієнтованого управління ІТ-проєктами.

Ключові слова: нейронна мережа, ІТ-проєкт, ризик, гнучка розробка, спринт, data mining, прогнозування.

Вступ. Управління ризиками ІТ-проєктів залишається складним завданням, оскільки проблеми часто накопичуються поступово і проявляються не лише у факті зриву строку, а й у зниженні швидкості команди, накопиченні незавершених задач, зростанні кількості дефектів, частих змінах вимог та нестабільності планування. У класичному підході ризик часто оцінюється експертно, тобто на основі досвіду керівника проєкту або формального реєстру ризиків. Такий підхід є корисним, але він не завжди враховує приховані залежності між показниками розробки та майбутнім станом проєкту.

Гнучка розробка створює передумови для кількісного аналізу ризиків, оскільки більшість дій команди фіксується у системах керування задачами, репозиторіях коду, системах контролю дефектів та CI/CD-інструментах. Для кожного спринту можна отримати дані про кількість запланованих і завершених задач, story points, velocity, дефекти, перенесення задач, зміни пріоритетів, коментарі та частоту оновлення вимог. У Scrum проєктна робота організовується через інкременти, спринти та прозорість артефактів [1], що робить такі дані придатними для побудови формалізованої оцінки стану проєкту.

Нейронні мережі доцільно застосовувати тоді, коли зв’язок між вхідними ознаками та результатом не є лінійним і простим для ручного опису. Глибоке навчання розглядається як спосіб автоматичного формування представлень даних на кількох рівнях абстракції [2]. У задачах програмної інженерії нейромережеві підходи вже використовуються, зокрема, для оцінювання трудомісткості та story points користувацьких історій [3]. Тому оцінювання ризиків ІТ-проєктів на основі даних гнучкої розробки є природним напрямом застосування нейронних мереж у навчальних і прикладних задачах комп’ютерних наук.

Мета роботи. Метою роботи є розроблення структури нейромережевої моделі, яка дає змогу оцінювати ризиковий стан ІТ-проєкту або окремого спринту за даними гнучкої розробки.

Задачі дослідження. Для досягнення мети необхідно: визначити одиницю аналізу ризику; сформувати групи вхідних ознак; задати вихід моделі у вигляді оцінки ризику або класу ризикового стану; описати послідовність підготовки даних; обґрунтувати архітектуру нейронної мережі та спосіб інтерпретації результату для керівника ІТ-проєкту.

Матеріали та методи. Одиницею аналізу пропонується вважати стан проєкту на кінець спринту або стан активного спринту на певний момент часу. Такий вибір дозволяє не оцінювати проєкт лише після його завершення, а виконувати регулярне поточне прогнозування. Вхідний вектор описує фактичну ситуацію у спринті та накопичену історію попередніх періодів. Ризиковий стан можна задавати як бінарну ознаку проблемності спринту або як багатокласову шкалу: низький, помірний, високий та критичний ризик.

Джерелами даних можуть бути журнали задач Jira, Trello або GitLab Issues, дані про коміти, результати тестування, дефекти, перегляд коду та зміни вимог.

Для невеликої наукової роботи достатньо обмежитися табличним поданням спринтів, де кожний рядок відповідає одному спринту або одному моменту спостереження. Перед навчанням моделі числові ознаки нормалізуються, категоріальні ознаки кодуються, а пропущені значення замінюються нейтральними або статистично обґрунтованими значеннями. Для зменшення впливу випадкових коливань доцільно використовувати агреговані показники за декілька останніх спринтів (табл. 1).

Нейромережева модель може бути реалізована як багатошаровий персептрон, оскільки вихідні дані мають табличну структуру. Вхідний шар відповідає кількості ознак, один або два приховані шари виконують нелінійне перетворення, а вихідний шар формує або числову оцінку ризику в інтервалі від 0 до 1, або ймовірності належності до класів ризику. Для зменшення перенавчання можуть використовуватися dropout, рання зупинка навчання та перевірка якості на відкладеній вибірці. У разі нерівномірного розподілу класів доцільно застосовувати ваги класів, оскільки проблемні спринти можуть траплятися рідше, ніж нормальні.

Запропонована модель не замінює керівника проєкту, а виконує роль інструмента попереднього оцінювання. Її результат повинен подаватися у зрозумілій формі: числова оцінка ризику, клас ризикового стану та перелік ознак, які найбільше вплинули на результат. Для цього разом із нейромережевою моделлю доцільно використовувати прості засоби інтерпретації: порівняння поточних значень із типовими, аналіз внеску груп ознак або побудову короткого текстового пояснення для менеджера проєкту.

Таблиця 1 – Групи ознак для нейромережевого оцінювання ризиків IT-проєкту

Група ознак	Приклади показників	Зміст для оцінювання ризику
Планування	обсяг backlog, кількість задач, story points	показує складність і навантаження спринту
Виконання	завершені задачі, незавершені задачі, velocity	характеризує відхилення фактичного темпу від очікуваного
Якість	кількість дефектів, повторні відкриття задач, падіння тестів	відображає технічні проблеми та можливе накопичення боргу
Зміни	зміни вимог, зміни пріоритетів, додані задачі	показує нестабільність обсягу робіт
Команда	зміна виконавців, нерівномірність навантаження, затримки рев'ю	описує організаційні фактори ризику

Результати дослідження та їх обговорення. Основним результатом роботи є структура нейромережевої моделі, яка поєднує дані гнучкої розробки з формалізованою оцінкою ризику. На відміну від звичайного реєстру ризиків, де ризик часто задається вручну, запропонований підхід використовує фактичні

проєктні дані. Це дозволяє оцінювати ризиковий стан не один раз на етапі планування, а регулярно після кожного спринту або навіть у середині спринту.

Практична цінність моделі полягає у ранньому виявленні ситуацій, які ще не є критичними, але мають ознаки майбутньої проблеми. Наприклад, поєднання зменшення velocity, збільшення кількості перенесених задач і зростання дефектів може свідчити про підвищення ризику невиконання плану. Окремо кожний показник може не бути достатньою підставою для управлінського рішення, але їхня комбінація може бути значущою. Саме для виявлення таких комбінацій і доцільно використовувати нейронну мережу.

Для навчальної та наукової апробації запропонований підхід є зручним, оскільки він не потребує складної предметної області поза комп'ютерними науками. Дані мають зрозумілу структуру, а постановка задачі природно пов'язана з дисциплінами «Нейронні мережі», «Інтелектуальні технології data mining в управлінні ІТ-проєктами», «Управління ризиками ІТ-проєктів» та «Гнучкі технології розробки ІТ-проєктів». Крім того, модель може бути використана як приклад повного циклу роботи з даними: збирання показників, підготовка ознак, навчання нейронної мережі, оцінювання якості та інтерпретація результату.

Обмеженням підходу є залежність якості прогнозування від повноти та коректності вхідних даних. Якщо команда нерегулярно оновлює задачі або не фіксує дефекти, модель може формувати неточну оцінку. Іншим обмеженням є потреба в історичних даних, де зафіксовано не лише показники спринтів, а й фактичний підсумковий стан: виконано план, допущено суттєве відхилення, накопичено критичні дефекти або перенесено значну частину робіт. Тому впровадження моделі має супроводжуватися визначенням єдиних правил ведення проєктних даних.

Порівняно з простими пороговими правилами, нейромережева модель є гнучкішою, оскільки може враховувати нелінійні взаємозв'язки між ознаками. Наприклад, однакова кількість незавершених задач може означати різний рівень ризику залежно від їхньої складності, кількості дефектів і залишку часу до завершення спринту. Водночас для практичного використання модель не повинна бути надмірно складною. Для невеликих команд і навчальних прикладів доцільно починати з компактної архітектури, яку можна пояснити та повторити у вигляді лабораторної або демонстраційної роботи.

Висновки. У роботі запропоновано нейромережеву модель оцінювання ризиків ІТ-проєктів на основі даних гнучкої розробки. Визначено одиницю аналізу, групи вхідних ознак, можливі виходи моделі та загальну послідовність підготовки даних. Показано, що така модель дозволяє перейти від разової експертної оцінки ризику до регулярного прогнозного аналізу стану спринту або проєкту. Запропонований підхід є самодостатнім для невеликої наукової публікації та водночас добре узгоджується з навчальними дисциплінами, пов'язаними з нейронними мережами, data mining, управлінням ризиками та гнучкою розробкою ІТ-проєктів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на апробацію моделі на відкритих або внутрішніх даних проєктів, порівняння багатошарового персептрона з іншими моделями машинного навчання та розроблення інтерпретованого представлення результатів для керівника проєкту.

Список використаних джерел

1. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. 2020. URL: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf.
2. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature. 2015. Vol. 521. P. 436–444. DOI: 10.1038/nature14539.
3. Choetkiertikul M., Dam H. K., Tran T., Pham T., Ghose A., Menzies T. A deep learning model for estimating story points. IEEE Transactions on Software Engineering. 2019. Vol. 45(7). P. 637–656. DOI: 10.1109/TSE.2018.2792473.
4. Boehm B. W. Software risk management: principles and practices. IEEE Software. 1991. Vol. 8(1). P. 32–41. DOI: 10.1109/52.62930.
5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. 800 p.

MODEL-BASED TESTING OF TCP CONNECTION STATES IN CLIENT–SERVER APPLICATIONS

Kalashnyk Valerii
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2345-4377
Melnyk Gennady
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0002-7663
Department of Computer Engineering and Electromechanics
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Abstract. A model-based testing approach for TCP connection states in client–server applications is proposed. The study considers TCP connection behaviour not as an isolated protocol mechanism but as a source of observable application-level outcomes. A finite-state model is used to represent typical connection states, transitions, triggering events, and expected client-visible results. The proposed testing matrix connects TCP state conditions with test actions, application symptoms, and pass criteria. Special attention is paid to connection establishment, connection refusal, timeout during handshake, established communication, graceful close, abrupt reset, half-closed connection, and repeated reconnection. The approach is intended for educational laboratories and pre-release testing of client–server applications in which network connection behaviour may affect service availability, error handling, and user-visible stability.

Keywords: TCP, model-based testing, finite-state model, client–server application, connection state, timeout, reset, graceful close, network testing.

Introduction. Client–server applications depend on the correct establishment, maintenance, and termination of network connections. In many testing scenarios, a connection is treated only as successful or failed. However, TCP connection behaviour is more complex. A client may wait for a handshake, receive a connection refusal, establish communication, experience a timeout, observe a reset, or operate while one side has already initiated connection termination. These situations may produce different application symptoms and require different handling logic.

TCP defines a state-based connection model that includes such states as LISTEN, SYN-SENT, SYN-RECEIVED, ESTABLISHED, FIN-WAIT, CLOSE-WAIT, LAST-ACK, TIME-WAIT, and CLOSED [1]. Although application developers usually do not control all internal TCP states directly, these states influence what the application can observe: successful connection, delayed connection, refused connection, broken pipe, reset by peer, timeout, or closed socket. Therefore, TCP state behaviour should be included in the testing of networked software. Traditional functional testing usually verifies whether the application returns the expected response when the service is available. This is insufficient for applications that operate under unstable or changing network conditions. A server may accept a connection but close it before sending a response. A client may send a request through an already unstable connection. A service may restart while clients still keep old sockets. A firewall or unavailable route may prevent the connection from reaching the server. These cases require structured test scenarios rather than accidental manual checks.

Model-based testing is suitable for this problem because it uses an explicit model of expected system behaviour to derive test cases [3], [4]. If TCP connection behaviour is represented as a finite-state model, each test can be linked to a state, transition, triggering event, expected observation, and pass criterion. This reduces ambiguity in test design and helps explain why different network symptoms should not be treated as the same defect.

The study does not aim to test the correctness of the TCP protocol implementation inside the operating system. Instead, it focuses on testing how a client–server application behaves when TCP connection states and transitions produce different observable conditions. This distinction is important: the tested object is the application's handling of connection states, not the transport protocol itself.

Aim and objectives of the study. The aim of the study is to develop a model-based testing approach for TCP connection states in client–server applications. The study defines a simplified TCP-oriented state model, identifies relevant state transitions for application testing, proposes a test matrix, and formulates pass criteria based on application-level observations.

Materials and methods. The object of testing is a client–server application that communicates over TCP. The test environment includes a client, a server, a controlled network or service-control layer, and a logging component. The client records connection attempts, timestamps, exceptions, response status, retry behaviour, and

final test result. The server records accepted connections, received requests, closed sockets, and service restarts.

The proposed approach uses a simplified finite-state model. The model does not reproduce every internal TCP detail. Instead, it selects states and transitions that have practical value for application testing. The selected conditions include connection establishment, waiting for connection, connection refusal, established communication, graceful close, abrupt reset, half-closed connection, and rapid reconnection after termination.

Each model-based test case contains five elements: initial state, triggering event, expected transition, expected application observation, and pass criterion. For example, the initial condition may be “server not listening,” the triggering event may be “client attempts to connect,” the expected observation may be “connection refused,” and the pass criterion may be “the client reports a controlled connection error without hanging or misclassifying the failure.”

The test procedure consists of four stages. First, the baseline connection is verified under normal conditions. Second, selected state transitions are reproduced by controlling the server, network, or client socket behaviour. Third, the client and server logs are collected. Fourth, the actual result is compared with the expected state-transition model.

Table 1. Model-based testing matrix for TCP connection states.

Model condition	Triggering event	Expected observation	Application risk	Pass criterion
Server in listening mode	Client initiates connection	Connection established	None under baseline	Request-response succeeds
No listening service	Client initiates connection	Connection refused	Incorrect error handling	Controlled failure message
Unreachable path	Client initiates connection	Connection timeout	Hanging client	Timeout is detected
Established connection	Client sends request	Response received	Incorrect data handling	Contract is verified
Server closes gracefully	Client continues communication	End-of-stream or close event	Misread as application error	Graceful close handled
Server resets connection	Client sends or reads data	Connection reset	Uncontrolled crash	Reset handled safely
Half-closed condition	One side closes sending direction	Limited communication remains	Incorrect socket assumption	State handled consistently
Rapid reconnect	New connection after close	Connection re-established or delayed	Resource exhaustion	Reconnect policy works
Service restart	Existing socket becomes invalid	Error on old connection	Stale connection reuse	New connection is created
Idle connection	No data for a defined period	Timeout or keepalive event	Silent failure	Idle policy is documented

The table is used as a practical guide for deriving test cases. It does not require direct manipulation of every TCP state. Instead, it focuses on reproducing application-visible effects that correspond to important TCP state transitions. The main metrics are connection establishment time, timeout duration, response time before and after state change, number of failed attempts, correctness of exception classification, and recovery time after reconnection. For educational use, the test report should also include a short explanation of the state transition that caused the observed application result. The proposed approach requires the test to separate three levels of evidence. The first level is the network or socket condition. The second level is the application-visible symptom. The third level is the test decision. For example, a reset connection should not be reported simply as “server error” if the evidence shows that the socket was closed abruptly. This separation improves diagnostic accuracy.

Research results and discussion. The main result of the study is a model-based testing matrix that links TCP connection states with practical application-level checks. The matrix helps transform a complex transport-level mechanism into a set of reproducible tests that can be used in software testing and computer networking education. The first important result is the distinction between connection refusal and connection timeout. Both cases may appear to the user as “the service is unavailable,” but they have different technical meanings. Connection refusal usually indicates that the host is reachable but no service is listening on the target port. Connection timeout may indicate filtering, routing problems, or an unreachable service path. A correct client–server application should report and handle these conditions differently.

The second important result is the distinction between graceful close and abrupt reset. A graceful close may be part of normal protocol behaviour, especially when the server intentionally completes communication. An abrupt reset usually indicates that the connection was terminated unexpectedly. If the application treats both cases identically, it may misclassify normal shutdown as an error or hide a real failure. The third result concerns established connections that become invalid after service restart. In many applications, the client may keep an old socket or connection pool entry after the server has restarted. The next request may fail even though the service is already available again. Model-based testing makes this scenario explicit by defining the transition from an established connection to an invalid or reset connection and then to a new connection.

The fourth result concerns half-closed connections. Although not every application exposes this condition directly, it is important for understanding socket behaviour. One side may stop sending data while still being able to receive data. If the application incorrectly assumes that any close event means complete communication failure, it may terminate valid processing too early or produce misleading errors. The proposed approach is useful in education because it connects abstract TCP states with observable software behaviour. Students can see that a failed request is not always caused by an application defect. The cause may be a connection timeout, reset, refused connection, closed service, or incorrect recovery policy. This supports interdisciplinary learning between computer networks and software testing technologies.

The approach is also useful for pre-release testing. Many backend services are tested only in the stable ESTABLISHED state. However, real systems often fail during connection establishment, service restart, idle timeout, or reconnection after error. Including these states in test design improves the reliability of client error handling and recovery logic. The proposed model should be understood as an application-oriented abstraction. It does not replace the full TCP state machine described in the protocol specification. Instead, it selects those states and transitions that are meaningful for application testing. This makes the approach compact enough for laboratory work and practical enough for small client–server projects.

Several limitations should be considered. Some TCP states are difficult to reproduce precisely without low-level network tools or operating-system-specific configuration. Application frameworks may also hide socket-level details behind higher-level exceptions. In addition, TLS, proxies, load balancers, connection pools, and container orchestration may change the visible symptoms of TCP state transitions. These factors should be documented when the method is applied to real systems.

Conclusions. A model-based testing approach for TCP connection states in client–server applications has been proposed. The approach represents connection behaviour as a simplified finite-state model and uses this model to derive practical test cases. The proposed matrix connects TCP-oriented conditions with triggering events, expected observations, application risks, and pass criteria. The most important scenarios include connection establishment, connection refusal, connection timeout, graceful close, abrupt reset, half-closed communication, rapid reconnection, service restart, and idle connection handling.

The approach supports both educational and practical testing. In education, it helps students connect TCP state concepts with application-visible behaviour. In pre-release testing, it helps verify that client–server applications handle connection errors and recovery scenarios safely. Further work may include implementation of the model in an automated test client, comparison of framework-specific socket exceptions, and integration with packet capture for evidence-based diagnosis.

References

1. Eddy, W. (Ed.). (2022). Transmission Control Protocol (TCP). RFC 9293. RFC Editor. doi:10.17487/RFC9293.
2. Postel, J. (1981). Transmission Control Protocol. RFC 793. RFC Editor. doi:10.17487/RFC0793.
3. Tretmans, J. (2008). Model based testing with labelled transition systems. In R. M. Hierons, J. P. Bowen, & M. Harman (Eds.), Formal Methods and Testing (pp. 1–38). Springer. doi:10.1007/978-3-540-78917-8_1.
4. Utting, M., Pretschner, A., & Legeard, B. (2012). A taxonomy of model-based testing approaches. Software Testing, Verification and Reliability, 22(5), 297–312. doi:10.1002/stvr.456.
5. Lee, D., & Yannakakis, M. (1996). Principles and methods of testing finite state machines: A survey. Proceedings of the IEEE, 84(8), 1090–1123. doi:10.1109/5.533956.
6. Beej. (2023). Beej's Guide to Network Programming: Using Internet Sockets.

ПОДІЄВО-ОРІЄНТОВАНЕ ФОРМУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ ПЛАТІЖНИХ ЗОБОВ'ЯЗАНЬ У ЦИФРОВИХ СЕРВІСНИХ ПЛАТФОРМАХ

Руденко Олександр Володимирович
аспірант
Кафедра комп'ютерних систем
Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Анотація. Розглянуто подієво-орієнтований підхід до формування траєкторій платіжних зобов'язань за неоднорідними журналами цифрових сервісних платформ. Основну увагу зосереджено на перетворенні технічних записів на узгоджені послідовності станів і часових меж без штучного відновлення відсутніх подій. Запропоновано послідовність процедур, що охоплює ідентифікацію записів одного зобов'язання, семантичну перевірку часових полів, типізацію та впорядкування подій, відображення подій у стани, фіксацію точності моментів переходу, розмежування кінцевих результатів і цензурування та формування інтервального набору даних. Такий підхід дає змогу зберігати фактичний рівень повноти спостереження та забезпечує відтворювану підготовку даних для оцінювання параметрів багатостанової моделі й подальшого прогнозування.

Ключові слова: платіжне зобов'язання, цифрова сервісна платформа, журнал подій, подієві дані, траєкторія станів, часові мітки, цензурування, багатостанова модель.

Вступ. Цифрові сервісні платформи формують значні масиви операційних даних про взаємодію з клієнтами: створення платіжних вимог, надсилання первинних і повторних запитів, доставлення повідомлень, реакції клієнта, надходження оплати та завершення внутрішньої обробки. Проте технічні журнали не є готовим описом життєвого циклу окремого платіжного зобов'язання. Пов'язані події можуть зберігатися у різних таблицях, використовувати різні ідентифікатори, мати неоднакову часову точність або подаватися агрегованими полями. Унаслідок цього безпосереднє застосування таких записів для моделювання переходів між станами може створювати хибні траєкторії, штучні тривалості та помилкові кінцеві результати.

У задачах process mining журнал подій розглядається як джерело для відтворення фактичного перебігу процесу, однак якість отриманої моделі безпосередньо залежить від коректності ідентифікаторів випадків, часових міток і семантики подій [1]. Для багатостанового аналізу ця вимога посилюється, оскільки імовірності переходів та час до подій оцінюються не лише за кінцевим статусом, а за послідовністю перебування об'єкта у станах і тривалістю відповідних інтервалів [2, 3]. Тому доцільно розглядати формування траєкторії не як механічне сортування записів за датою, а як контрольоване перетворення подієвих даних у структуру, узгоджену з предметною моделлю життєвого циклу.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є розроблення подієво-орієнтованої процедури формування траєкторій платіжних зобов'язань із журналів цифрової сервісної платформи зі збереженням фактичної часової точності та неповноти спостереження. Для досягнення мети поставлено такі задачі: визначити правила ідентифікації записів одного платіжного зобов'язання; виконати семантичну нормалізацію часових полів; сформувати типізовану та впорядковану історію подій; відобразити події у допустиму послідовність станів; визначити рівень точності часових меж переходів; відокремити цензурування від нерезультативного завершення; сформувати інтервальний набір для подальшого оцінювання багатостанової моделі.

Матеріали та методи. Вхідною інформацією є сукупність записів, що можуть надходити з реєстру платіжних зобов'язань, журналів платіжних запитів і комунікацій, таблиць оплат та реєстрів завершення внутрішньої обробки. Одиницею формування траєкторії є окреме платіжне зобов'язання, а не клієнт у цілому. Це принципово, оскільки один клієнт може мати декілька незалежних вимог із різними сумами, строками й результатами. Тому перший етап полягає у підтвердженому віднесенні кожного запису до конкретного зобов'язання. Найнадійнішим є стабільний ідентифікатор, спільний для джерел; за його відсутності допускається складене правило зіставлення за номером документа або замовлення, типом нарахування, сумою, валютою, строком та часовим зв'язком. Частковий збіг полів або близькість часових міток самі по собі не повинні трактуватися як доказ належності до однієї траєкторії.

Другий етап пов'язаний із семантичною перевіркою часу. Назва технічного поля не гарантує його предметного змісту: наприклад, created_at може означати момент створення зобов'язання, технічного запису, експорту або версії даних. Часові мітки приводяться до спільної шкали з урахуванням формату, часового поясу й точності, після чого перевіряється предметно допустимий порядок подій. При цьому не допускається автоматичне «виправлення» допустимих ситуацій, наприклад оплати після встановленого строку, або довільне призначення часу події, якщо її точний момент у джерелі відсутній.

Після нормалізації кожний придатний запис перетворюється на типізовану подію. Для досліджуваного процесу виділяються події виникнення зобов'язання, первинного запиту, повторного звернення, реакції клієнта, оплати, підтвердженого завершення без оплати та завершення доступного періоду спостереження. Події впорядковуються за часовими мітками, технічні дублікати усуваються, але фактичні повторні звернення зберігаються як окремі події. Далі подієва історія відображається у простір станів. Виникнення зобов'язання формує початковий стан; первинний запит переводить процес до первинної обробки; підтверджені повторні звернення формують послідовні етапи повторної обробки; оплата та підтверджене завершення без оплати переводять процес до відповідних кінцевих станів. Події реакції або доставлення можуть змінювати інформаційний контекст, але не обов'язково створюють новий стан.

Окремо фіксується точність моментів переходу. Якщо зміна стану підтверджена подією з надійною часовою міткою, межа переходу вважається точною. Якщо відомі лише остання мітка попереднього стану та перша мітка наступного, перехід зберігається як інтервально визначений. За відсутності надійних часових меж може зберігатися лише порядок станів. Якщо не встановлено навіть порядок, спостереження позначається як невизначене та не використовується для точного оцінювання тривалостей (табл. 1). Такий підхід узгоджується з принципами аналізу неповних багатостанових спостережень [2, 3].

Таблиця 1 – Рівні достовірності часових меж переходів

Рівень	Доступна інформація	Подальше використання
Точний	Є підтверджена подія зміни стану	Оцінювання переходів і тривалостей
Інтервальний	Відомі остання мітка попереднього та перша мітка наступного стану	Методи, що враховують інтервальну невизначеність
Порядковий	Відома послідовність станів без надійних часових меж	Перевірка структури та допустимості переходів
Невизначений	Немає надійного часу або порядку	Окреме маркування; виключення з точного часового оцінювання

Результати дослідження та їх обговорення. Запропонована процедура формує траєкторію як сукупність підтверджених ділянок перебування у станах, а не як повністю «домальовану» часову лінію. Це дозволяє відокремити інформацію, безпосередньо спостережувану у журналах, від припущень щодо відсутніх подій. Критичною є перевірка допустимості кожного переходу: поява структурно неможливої пари станів розглядається не як підстава для автоматичного додавання проміжної події, а як ознака помилки групування, пропущеного запису, неправильної типізації статусу або невідповідності фактичного процесу прийнятій моделі.

Особливу увагу приділено розмежуванню кінцевого результату та неповноти спостереження. Перехід до стану оплати фіксується лише за підтвердженою подією надходження коштів. Завершення без оплати повинно мати окрему предметну ознаку завершення внутрішнього циклу. Статус expired окремого платіжного посилання, закінчення строку запиту або відсутність оплати на дату формування витягу не є достатніми підставами для такого висновку, оскільки після них можуть відбутися повторне звернення, перехід на інший внутрішній етап або пізніша оплата. Якщо до завершення доступного періоду не зафіксовано жодного кінцевого результату, останній активний стан зберігається, а спостереження позначається як правосторонньо цензуроване. Таким чином цензурування характеризує межу доступної інформації, а не третій кінцевий стан.

Практична перевірка структури наявних джерел підтвердила важливість семантичного контролю. В агрегованому наборі з 15 566 записів поле created_at

не може без додаткового опису використовуватися як початок життєвого циклу: для 5 564 із 5 580 записів із відомим першим відправленням його значення є пізнішим за min_sent_at. Інший набір містить 19 034 окремі платіжні запити, з яких 3 145 мають ознаку оплати, а 15 889 — статус expired. Водночас ідентифікатор payment_id характеризує конкретний запит і не гарантує ідентичності всього платіжного зобов'язання. Отже, детальніший журнал подій не усуває потребу у предметно підтвердженому ключі зв'язку між повторними запитами.

Фінальним результатом є інтервальний набір у довгому форматі, в якому одному платіжному зобов'язанню може відповідати кілька рядків, а кожний рядок описує окремий ризиковий інтервал перебування у стані. Для інтервалу зберігаються ідентифікатор зобов'язання, початковий і наступний стани або ознака цензурування, часові межі, доступні на початку інтервалу характеристики та код якості відновлення. Така структура принципово не включає інформацію з майбутніх подій і тому придатна для оцінювання умовних інтенсивностей переходів та прогнозних імовірностей багатостанової моделі. Контроль якості виконується не лише для кінцевої таблиці, а після кожного етапу: перевіряються унікальність належності записів, неспадання часу, допустимість переходів, поглинальність кінцевих станів, узгодженість суми й валюти та коректне розмежування завершення і цензурування.

Порівняно з простим агрегуванням журналів запропонований підхід зберігає фактичну невизначеність спостереження та забезпечує відтворюваність траєкторій за версіонованими правилами ідентифікації, типізації й відображення подій у стани. Це дає змогу окремо аналізувати точні, інтервальні та складено ідентифіковані випадки й відокремлювати властивості прогнозної моделі від похибок підготовки даних.

Висновки. Запропоновано подієво-орієнтований підхід до формування траєкторій платіжних зобов'язань із журналів цифрових сервісних платформ. На відміну від механічного об'єднання та сортування технічних записів, підхід передбачає предметно підтверджену ідентифікацію зобов'язання, семантичну перевірку часових міток, явну типізацію подій, контроль допустимих переходів і збереження фактичної точності часових меж. Принциповим результатом є розмежування нерезультативного завершення та цензурування, що запобігає помилковому віднесенню активних на кінець спостереження зобов'язань до завершених без оплати. Сформований інтервальний набір даних забезпечує відтворювану емпіричну основу для оцінювання параметрів багатостанової моделі життєвого циклу та подальшого формування динамічного прогнозного профілю платіжного зобов'язання.

Список використаних джерел

1. van der Aalst, W. M. P. (2016). Process Mining: Data Science in Action (2nd ed.). Springer.

2. Andersen, P. K., & Keiding, N. (2002). Multi-state models for event history analysis. Statistical Methods in Medical Research, 11(2), 91–115.
3. Putter, H., Fiocco, M., & Geskus, R. B. (2007). Tutorial in biostatistics: Competing risks and multi-state models. Statistics in Medicine, 26(11), 2389–2430.

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ОЗНАКОВОГО ПРОСТОРУ АСИНХРОННИХ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ З КОМПОНЕНТІВ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Ревенко Петро Георгійович
аспірант
Кафедра комп'ютерних систем
Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Анотація. Запропоновано метод формування ознакового простору для асинхронних потоків інформації з компонентів мобільної мережі. Метод поєднує віконну синхронізацію без примусового приведення всіх джерел до єдиної частоти, зважену за якістю статистичну агрегацію та формування часових і подієвих ознак. Вхідні потоки зберігають власні часові мітки та походження, а результатом є локальний вектор сталої структури, придатний для безпосереднього використання моделями машинного навчання. Передбачено явне врахування доступності, свіжості та якості телеметрії, а також причинний характер перетворень, що дозволяє застосовувати метод у потокових online- та edge-сценаріях.

Ключові слова: мобільна мережа, машинне навчання, ознаковий простір, асинхронні потоки, віконна агрегація, телеметрія, часові ознаки, подієві ознаки, якість даних.

Вступ. Мобільні мережі формують значні обсяги телеметрії, подій і ресурсних показників, які можуть використовуватися для класифікації станів, виявлення деградацій, прогнозування навантаження та інших задач машинного навчання. У сучасних 5G/6G-архітектурах мережна аналітика розглядається як окремий функціональний контур, що збирає дані з різних джерел та використовує ML-моделі для оцінювання і прогнозування мережевих показників [1, 2]. Водночас практичне використання таких даних ускладнюється їх гетерогенністю: компоненти RAN, Core, edge/MEC та UE/IoT мають різний склад KPI, різну частоту надходження вимірювань, нерегулярні журнали подій і неоднакову якість спостережень.

Типовий підхід, за якого всі потоки попередньо ресемплюються до єдиної часової сітки і після цього об'єднуються в одну таблицю, спрощує побудову вибірки, але може приховувати пропуски, штучно створювати значення між реально отриманими вимірюваннями та втрачати інформацію про фактичну свіжість даних. Для задач потокової мережевої аналітики доцільно зберігати асинхронність до моменту контрольованої синхронізації, а формування ознак

виконувати так, щоб результат мав сталу структуру, але не ототожнював відсутність спостереження з фізичним нульовим значенням. Автоматичне формування інформативних характеристик часових рядів є окремою важливою задачею підготовки даних для ML [3].

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення методу формування ознакового простору для асинхронних потоків інформації з компонентів мобільної мережі шляхом поєднання віконної синхронізації, quality-aware агрегації та часово-подієвого опису стану. Для досягнення мети необхідно: сформувати спільний часовий контекст без обов'язкової інтерполяції потоків; перейти від наборів спостережень змінної довжини до векторів сталої структури; врахувати якість, доступність і свіжість телеметрії; сформувати ознаки внутрішньовіконної та міжвіконної динаміки; описати подієву активність компонентів; забезпечити причинність перетворень і можливість подальшого контрольованого порівняння різних ознакових представлень.

Матеріали та методи. Вхідною структурою є модель потокової гетерогенної інформації D, що містить множину компонентів мобільної мережі, їх первинні потоки X_i, індивідуальні часові шкали T_i, структурні розмірності та міжкомпонентні зв'язки. Кожне формалізоване спостереження $z_i(t)$зберігає первинні значення, тип джерела та оцінку якості $q_i(t)$.Першим етапом запропонованого методу є віконна синхронізація. На інтервалі спостереження вводиться послідовність часових вікон тривалістю L із кроком h:

$$W_n = (\tau_n - L, \tau_n]. \quad (1)$$

На відміну від жорсткого ресемплінгу, часове вікно задає лише спільний контекст аналізу. Первинні вимірювання не переміщуються на штучні часові мітки: кожний потік зберігає фактичні моменти надходження. Для компонента c_i у вікні W_n формується блок $B_i(n)$, що включає всі доступні формалізовані спостереження цього джерела:

$$B_i(n) = \left\{ z_i\left(t_k^{(i)}\right) | t_k^{(i)} \in T_i \cap W_n \right\}. \quad (2)$$

Якщо у вікні спостереження відсутні, це фіксується окремою ознакою наявності, а не підмінюється нульовим KPI. Додатково визначаються кількість спостережень, середня якість, часовий розкид та придатність блока. Таким чином, синхронізація створює спільний індекс n для всіх джерел, але не знищує відмінності між їх часовими шкалами. Уся послідовність переходу від D до синхронізованих блоків задається оператором $\Psi(D;\ L, h, q_{min}, \delta_{max})$.

Другий етап полягає у перетворенні $B_i(n)$ змінної довжини на базовий вектор сталої структури. Для кожного числового каналу розраховуються статистичні характеристики рівня та варіативності: середнє, стандартне відхилення, мінімум, максимум і останнє доступне значення. Середнє та дисперсійні характеристики формуються з урахуванням оцінок $q_i(t)$: спостереження з нижчою надійністю отримують меншу детерміновану вагу, але не видаляються автоматично. Окремий quality-блок містить характеристики доступності, інтенсивності надходження, середньої якості та свіжості. Нормування числових координат виконується лише за

параметрами, визначеними на навчальній частині даних, що запобігає витоку інформації з validation/test-вибірок.

Третій етап доповнює базові статистичні характеристики часовими і подієвими ознаками. Часовий блок описує перше й останнє значення каналу, сумарну зміну, тренд усередині вікна та зміну агрегованих характеристик між сусідніми вікнами. Для подій розраховуються кількість, інтенсивність, зміна інтенсивності, свіжість останньої події та середній інтервал між повтореннями. Такий опис дозволяє відрізнити, наприклад, стабільне високе значення KPI від швидкого зростання до того самого рівня, а одиничну подію – від серії повторних спрацювань.

Таблиця 1 – Структура локального ознакового представлення

Блок	Основні характеристики	Призначення
Статистичний	mean, std, min, max, last	Рівень і мінливість числових KPI
Якісний	наявність, якість, інтенсивність, свіжість	Явний опис придатності телеметрії
Часовий	зміна, тренд, міжвіконна динаміка	Напрям і швидкість розвитку стану
Подієвий	кількість, інтенсивність, свіжість, повторюваність	Характеристика дискретних мережевих подій

Кінцевий локальний вектор компонента утворюється конкатенацією базового статистико-якісного, часового та подієвого блоків:

$$f_i(n) = \left[f_i^0(n), f_i^T(n), f_i^E(n)\right]. \quad (3)$$

Розмірність $f_i(n)$фіксується до навчання ML-моделі. Якщо певна характеристика в конкретному вікні природно не визначена, технічне заповнення використовується разом із відповідною ознакою доступності або лічильником, тому воно не інтерпретується як реальне нульове значення. Важливою вимогою є причинність: ознаки для моменту τ_n формуються лише за даними, доступними не пізніше τ_n. Це робить метод придатним для online- та edge/cloud-обробки, де майбутні спостереження недоступні.

Результати дослідження та їх обговорення. Запропонований метод задає цілісний перехід від асинхронних потоків до вектора сталої структури. Його відмінність полягає не у використанні окремих середніх, трендів або лічильників як нових математичних операцій, а у їх узгодженому застосуванні в єдиному причинному конвеєрі. Спочатку різнорідні потоки приводяться до спільного контексту через часові вікна без обов'язкової інтерполяції; далі статистична агрегація враховує якість первинних спостережень; разом із KPI до вектора явно включаються характеристики доступності та свіжості; після цього додається часово-подієва динаміка. У підсумку зберігається простежуваність походження ознак і формується представлення, безпосередньо сумісне з алгоритмами машинного навчання.

Метод також створює чітку основу для експериментальної перевірки. Доцільно використовувати одну й ту саму ML-модель і послідовно порівнювати

представлення Raw/Last, Stat, Base, Base + Temporal, Base + Event та Local Full. У такому ablation-дослідженні незмінними залишаються алгоритм навчання, гіперпараметри, train/validation/test-поділ, цільова змінна та метрики; змінюється лише вхідний ознаковий простір. Це дозволяє відокремити ефект запропонованого методу від ефекту конкретного класифікатора або регресора. Для класифікації станів доцільно використовувати macro-F1, balanced accuracy та recall критичних класів, а для прогнозування – MAE/RMSE. Окремий stress-test може оцінювати стійкість при збільшенні частки пропусків, зниженні $q_i(t)$ або тимчасовій втраті телеметрії.

Такий підхід узгоджується із загальною тенденцією використання ML у мережевій аналітиці, де якість прогнозу залежить не лише від архітектури моделі, а й від підготовки та репрезентативності мережевих даних [1, 2]. У порівнянні з попереднім зведенням усіх джерел до однорідної таблиці запропонований метод зберігає інформацію про реальний часовий розподіл спостережень, не приховує відсутність даних і дозволяє окремо оцінювати внесок статистичного, якісного, часового та подієвого блоків.

Висновки. У роботі запропоновано метод формування ознакового простору асинхронних потоків інформації з компонентів мобільної мережі. Метод поєднує віконну синхронізацію без примусової інтерполяції, quality-aware статистичну агрегацію, явне моделювання доступності та свіжості даних, а також формування часових і подієвих характеристик. Результатом є локальний вектор $f_i(n)$ сталої структури, який зберігає інформацію про рівень KPI, якість телеметрії та динаміку стану і може безпосередньо подаватися на вхід ML-моделей. Причинний характер перетворень забезпечує можливість використання методу у потокових системах. Подальша експериментальна перевірка має виконуватися як контрольоване ablation-порівняння при незмінній моделі машинного навчання, що дозволить кількісно оцінити внесок окремих складових запропонованого ознакового представлення.

Список використаних джерел

1. Wang, C.-X., Di Renzo, M., Stanczak, S., Wang, S., & Larsson, E. G. (2020). Artificial Intelligence Enabled Wireless Networking for 5G and Beyond: Recent Advances and Future Challenges. IEEE Wireless Communications, 27(1), 16–23. https://doi.org/10.1109/MWC.001.1900292
2. Sevgican, S., Turan, M., Gökarslan, K., Yilmaz, H. B., & Tugcu, T. (2020). Intelligent Network Data Analytics Function in 5G Cellular Networks using Machine Learning. Journal of Communications and Networks, 22(3), 269–280. https://doi.org/10.1109/JCN.2020.000019
3. Christ, M., Braun, N., Neuffer, J., & Kempa-Liehr, A. W. (2018). Time Series FeatuRe Extraction on basis of Scalable Hypothesis tests (tsfresh – A Python package). Neurocomputing, 307, 72–77. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.03.067

Section: Jurisprudence

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.009.134-141

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ВТОРИННОМУ РИНКУ У КРИЗОВИЙ ТА ПОСТКРИЗОВИЙ ПЕРІОДИ

Сирота Олександр
завідувач відділу
Відділ товарознавчих та гемологічних досліджень
Миколаївський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України, Україна

Анотація. У статті обґрунтовано науково-методичний підхід до визначення ринкової вартості бензинових та дизельних генераторів на вторинному ринку України. Автором формалізовано прикладну модель розрахунку інтегрального відсоткового зносу (фізичного, функціонального та зовнішнього) без застосування громіздкого вищого математичного апарату. Специфіку напрацювання моторесурсу автономних джерел живлення адаптовано під лінійні диференційовані відсоткові показники втрати вартості. Запропонована методика дозволяє мінімізувати суб'єктивізм під час проведення експертної оцінки, списання або переоцінки активів підприємств, а також у процесі укладання угод купівлі-продажу приватними суб’єктами вторинного ринку.

Ключові слова: ринкова вартість, порівняльний підхід, витратний підхід, физичний знос, мотогодини, бензиновий генератор, дизельний генератор, вторинний ринок, економічний знос.

Вступ. Протягом останніх років енергетичний сектор України зазнав безпрецедентних трансформацій, зумовлених деструктивним впливом на об'єкти критичної інфраструктури. Наслідком цього став стрімкий масовий перехід суб'єктів господарювання та приватних домогосподарств на автономні джерела живлення, зокрема бензинові та дизельні генераторні установки. Ринок миттєво відреагував на ажіотажний попит, що призвело до імпорту мільйонів одиниць техніки різного класу, потужності та якості.

Проте будь-який етап дефіциту та ажіотажу природно переходить у фазу насичення та стабілізації ринку. Сьогодні в Україні сформувався величезний за своїми масштабами вторинний ринок вживаної генераторної техніки [1]. Тисячі підприємств та приватних осіб намагаються реалізувати обладнання, яке було придбане під час пікових періодів вимкнення електроенергії, або оптимізувати свої основні засоби.

У класичній теорії оціночної діяльності, зокрема у фундаментальних працях Н. П. Лебідь та О. Г. Мендрула [2], методики визначення вартості машин та обладнання спираються або на складні математичні матриці, або на чіткі галузеві стандарти великих промислових об’єктів. Проте генераторні установки малої та середньої потужності (від 1 до 50 кВт), що за даними маркетплейсів становлять понад 85% вторинного ринку, опинилися в «методичному вакуумі».

Існуючі методи експертної оцінки, які аналізують В. О. Воронін та В. С. Ларцев [3], або занадто складні для оперативного застосування, або базуються виключно на суб'єктивному баченні оцінювача. Більшість публікацій не враховує унікальний фактор моторесурсу малолітражних двигунів внутрішнього згоряння (ДВС), де фізичний знос настає значно швидше, ніж у великих автомобільних чи суднових двигунах.

Відсутність простого, прозорого та математично коректного інструменту для попроцентного розрахунку зносу генераторів призводить до значних фінансових диспропорцій. Продавці часто необґрунтовано завищують ціну, спираючись на історичні витрати під час купівлі в пікові періоди, тоді як покупці намагаються максимально знецінити товар, побоюючись прихованих дефектів ДВС та альтернатора.

Потреба у створенні доступної науково-практичної методики, яка б відповідала вимогам Закону України «Про оцінку майна...» [4] та базовим положенням Національного стандарту № 1 [5], є критично важливою для стабілізації цього сектору вторинного ринку.

Мета та задачі дослідження. Метою статті є розробка та наукове обґрунтування доступної, уніфікованої методики встановлення ринкової вартості бензинових та дизельних генераторів на вторинному ринку на основі прозорого механізму покрокового нарахування відсоткового зносу.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

1. Проаналізувати специфіку ціноутворення автономних генераторів на вторинному ринку та виділити ключові ціноутворюючі фактори.
2. Обґрунтувати відсоткові ставки фізичного зносу на основі об'єктивного напрацювання обладнання в мотогодинах для різних типів двигунів.
3. Розробити критерії нарахування функціонального (технологічного) зносу для застарілих або обмежених за функціоналом моделей.
4. Визначити механізм впливу зовнішнього (економічного) ринкового середовища на залишкову вартість обладнання.
5. Сформувати простий покроковий алгоритм розрахунку фінальної вартості та апробувати його на практичних ринкових прикладах (кейсах).

Результати дослідження та їх обговорення. В основі пропонованої методики лежить синтез двох класичних підходів до оцінки майна: витратного та порівняльного, що відповідає методологічним принципам Кабінету Міністрів України щодо оцінки майна [6]. Замість класичного вирахування вартості через складні експоненціальні криві, методика використовує лінійний покроковий принцип додавання відсотків зносу до базової величини — вартості заміни.

Вартість заміни, як підкреслено в редакції Національного стандарту № 1 [7] та Міжнародних стандартах оцінки [8], — це поточна ринкова роздрібна ціна абсолютно нового генератора тієї ж марки та моделі (або його повного сучасного аналога за потужністю та функціоналом) в офіційних точках продажу на момент проведення оцінки. Використання поточної ціни нового аналога як відправної точки автоматично нівелює історичну інфляцію та минулі викривлення цін, які виникали під час дефіциту.

Загальне знецінення генератора формується з трьох самостійних видів зносу: фізичного, функціонального та економічного. Всі вони виражаються у відсотках, підсумовуються і віднімаються від початкової вартості нової техніки.

Фізичний знос відображає матеріальне зношування деталей двигуна та синхронного генератора, погіршення електричних властивостей обмотки та загальну втрату працездатності внаслідок експлуатації або неправильного зберігання.

Найбільш точним та об'єктивним індикатором фізичного зносу генератора є його напрацювання, зафіксоване в мотогодинах. Кожен двигун внутрішнього згорання має встановлений заводом-виробником середній нормативний ресурс до моменту, коли обладнання потребуватиме капітального ремонту або повної заміни циліндро-поршневої групи відповідно до технічних регламентів ДСТУ ISO 8528-1:2019 [9]. На основі аналізу технічної документації та узагальнених сервісних рекомендацій [10], у цій методиці виведено чіткі лінійні відсоткові ставки зносу на кожні 100 мотогодин роботи для чотирьох основних категорій обладнання:

- Категорія 1: Малопотужні бензинові генератори (до 3 кВт) з одноциліндровими двигунами.

Такі апарати є найбільш популярними серед побутових споживачів завдяки дешевизні. Проте їхній двигун працює на високих обертах (зазвичай 3600 об/хв), має спрощену систему змащення та повітряне охолодження. Повний нормативний моторесурс таких двигунів становить лише 1000 – 1500 мотогодин [10]. Відповідно до цього, кожні 100 відработованих мотогодин забирають рівно 10% від початкової вартості генератора.

- Категорія 2: Професійні та напівпрофесійні бензинові генератори (від 5 кВт і вище).

Ці установки комплектуються більш витривалими двигунами з гільзованими циліндами та покращеною системою фільтрації мастила. Їхній нормативний ресурс до капітального ремонту складає в середньому 2500 – 3000 мотогодин [10]. Таким чином, кожні 100 мотогодин напрацювання знижують вартість такого генератора на 3,5%.

- Категорія 3: Дизельні генератори з повітряним охолодженням.

Дизельні двигуни за своєю природою є більш масивними та зносостійкими через використання важчого палива, яке частково виконує функцію додаткового змащення. При частоті обертів 3000 об/хв та повітряному охолодженні їхній середній ресурс становить близько 4000 мотогодин. Співвідношення показує, що кожні 100 мотогодин роботи призводять до втрати 2,5% вартості обладнання.

- Категорія 4: Промислові та важкі дизельні електростанції з водяним охолодженням.

Це низькообертові професійні машини (1500 об/хв), обладнані повноцінною рідинною системою охолодження та розвиненими системами захисту. Вони розраховані на безперервну багатодобову роботу в рамках Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів [11]. Їхній моторесурс до першого серйозного втручання становить від 10 000 до 15 000 мотогодин. Відповідно, знос нараховується дуже повільно — усього 0,7% за кожні 100 мотогодин.

На практиці значна частина генераторів малої потужності не обладнана штатними лічильниками мотогодин, або ж вони можуть бути навмисно відключені чи пошкоджені. У таких випадках методика передбачає застосування експертного візуально-технічного аналізу, принципи якого адаптовані з загальноприйнятої оціночної практики визначення зносу машин і механізмів [3]:

- 0% – 10% (Ідеальний стан): Апарат абсолютно новий, знаходиться на гарантії, або пройшов лише заводську обкатку та тестовий запуск (до 10–20 годин). Корпус без подряпин, мастило чисте, заводські пломби не порушені.

- 11% – 30% (Добрий стан): Генератор використовувався епізодично. Заводиться легко (з першого-другого разу), працює рівно, без кіптяви. На корпусі та рамі є мінімальні сліди експлуатації (невеликі потертості, пил). Генератор видає стабільну напругу без стрибків.

- 31% – 50% (Задовільний стан): Обладнання експлуатувалося регулярно. Присутні помітні візуальні дефекти (подряпини, незначні сліди іржі на глушнику чи рамі). Двигун запускається стабільно, але може потребувати прогріву, під час різкого підключення навантаження спостерігається короткочасне «плавання» обертів. Об'єкт потребує планового технічного обслуговування (ТО) — заміни свічки запалювання, повітряного фільтра та мастила.

- 51% – 70% (Граничний стан): Апарат має ознаки сильного зношення. Спостерігається підвищена димність вихлопу (ознака зносу поршневих кілець), двигун працює гучно, з вібраціями. Є падіння номінальної напруги під навантаженням. Корпус має деформації або глибоку корозію. Потрібен серйозний ремонт паливної системи або капітальний ремонт двигуна.

- 71% – 90% (Непридатний стан): Двигун заклинив, або повністю згоріла обмотка альтернатора (не видає струм). Генератор не працює і розглядається виключно як донор запчастин або брухт.

Функціональний знос відображає втрату привабливості та вартості об'єкта через появу нових, більш ефективних чи економних технологічних рішень на ринку. Навіть якщо старий генератор знаходиться в ідеальному технічному стані, він об'єктивно програє сучасним моделям за експлуатаційними властивостями, що детально обґрунтовує В. М. Шалаєв [12]. Методика виділяє два ключові фактори функціонального знецінення:

1. Тип генерації (Інверторний проти класичного):

Традиційні генератори з класичним блоком стабілізації напруги (AVR) видають так звану «модифіковану» або грубу синусоїду струму. Сучасна

побутова техніка, особливо плати керування чутливих газових котлів, медичне обладнання та комп'ютери, потребують «чистої синусоїди», яку забезпечують виключно дорожчі инверторні генератори. Якщо оцінюється класичний б/у генератор, який планується продати для домашнього використання, коло потенційних покупців суттєво звужується. За відсутність інверторної технології нараховується фіксований функціональний знос у розмірі 15%.

2. Ергономіка запуску на великій потужності:

Для генераторів потужністю понад 5 кВт фізичне зусилля для запуску через ручний шнур (кік-стартер) є дуже значним, що робить експлуатацію апарату жінками чи літніми людьми майже неможливою. Сучасним стандартом для таких потужностей є наявність електростартера (запуск з ключа чи кнопки) або системи автоматичного введення резерву (АВР). Якщо генератор має потужність понад 5 кВт, але оснащений виключно ручним пуском, нараховується функціональний знос у розмірі 10%.

Економічний знос — це унікальний фактор для ринку генераторів, оскільки він повністю залежить від зовнішнього середовища, кон'юнктури ринку, стабільності централізованої енергомережі та платоспроможного попиту населення, що відображено в дослідженнях ринкових тенденцій [12]. На відміну від фізичного стану, економічний знос може динамічно змінюватися як у бік збільшення, так і в бік зменшення протягом кількох місяців:

1. Фаза стабільного енергопостачання (Профіцит ринку):

Коли державна енергосистема працює без планових та аварійних відключень, генератори масово втрачають свою актуальність. Вони перетворюються на «мертвий капітал», який займає місце на складах чи в гаражах, потребує консервації та обслуговування. Пропозиція на вторинному ринку починає перевищувати попит у кілька разів. У такий період економічний знос є максимальним і становить від 20% до 30%. Продавці змушені суттєво знижувати ціну, щоб залучити хоч якогось покупця.

2. Фаза критичного дефіциту (Ажіотажний попит):

Під час введення тривалих і жорстких графіків відключень світла потреба в автономній генерації стає критичною для виживання бізнесу та забезпечення базового комфорту громадян. Вторинний ринок миттєво реагує: попит перевищує пропозицію, а фактор швидкого отримання працездатного апарату «тут і зараз» стає важливішим за гарантію на новий товар у магазині. У такі періоди економічний знос повністю нівелюється і становить 0%. Більше, в часи екстремального дефіциту ринок може демонструвати «від'ємний знос» (дефіцитну премію), коли вживана техніка продається дорожче за нову номінальну ціну.

ПОКРОКОВИЙ АЛГОРИТМ ПРАКТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ

Для практичного впровадження методики експерту, бухгалтеру чи звичайному користувачеві достатньо виконати шість простих послідовних кроків, що виключають потребу в інженерних обчисленнях:

- Крок 1. З'ясувати точну марку, модель та технічні параметри генератора. Знайти його поточну ціну як нового аналога в роздрібних мережах та зафіксувати цю суму (Базова вартість).

- Крок 2. Перевірити лічильник мотогодин або оцінити технічний стан візуально. На основі розроблених критеріїв встановити Відсоток фізичного зносу.

- Крок 3. Оцінити функціонал пристрою (чи є він інверторним, чи є електростартер). За наявності недоліків зафіксувати Відсоток функціонального зносу (10% або 15%).

- Крок 4. Проаналізувати поточну ситуацію з електропостачанням у країні/регіоні на дату оцінки та встановити Відсоток економічного зносу (від 0% до 30%).

- Крок 5. Скласти разом усі три отримані відсотки. Це дасть Загальний відсоток зносу обладнання. Зняти цей відсоток від Базової вартості нового аналога — так формується Попередня ринкова ціна.

- Крок 6. Застосувати фінальний коефіцієнт комерційного торгу у розмірі 5% (помножити суму на 0,95). Це стандартна уступка на вторинному ринку під час реальних переговорів між продавцем та покупцем. Результат є Кінцевою ринковою вартістю.

ПРАКТИЧНА АПРОБАЦІЯ (ОБГОВОРЕННЯ КЕЙСІВ).

Для підтвердження валідності та життєздатності розробленої методики проведемо розрахунок вартості для двох принципово різних, але найбільш типових ринкових ситуацій.

Кейс №1: Побутовий бензиновий генератор у період низького спросу.

Об'єкт оцінки: Китайський бензиновий генератор Forte FG3500 (номінальна потужність 2.5 кВт).

Технічний стан: Лічильник відсутній. Візуально стан добрий, заводиться з другого ривка, є дрібні подряпини на рамі, видає рівну напругу. Технологія класична (не інвертор), запуск виключно ручний шнуром.

Ринкові умови: Оцінка проводиться влітку, енергосистема працює стабільно, відключень немає (високий економічний знос).

Поточна ціна нового аналога в магазині: 12 000 грн.

Проведення розрахунку за методикою:

1. Визначення фізичного зносу: Стан об'єкта визначено як «добрий». Згідно з експертною шкалою, приймаємо середнє значення в цьому діапазоні — 20%.

2. Визначення функціонального зносу: Генератор звичайний (не інвертор). Нараховуємо 15%. Потужність менше 5 кВт, тому за ручний старт відсотки не знімаються. Разом функціональний знос — 15%.

3. Визначення економічного зносу: Стабільний період без вимкнень світла, попит мінімальний. Нараховуємо середній економічний знос — 25%.

4. Розрахунок загального зносу: 20% (фізичний) + 15% (функциональний) + 25% (економічний) = 60% загального зносу.

5. Розрахунок попередньої вартості: Якщо знос становить 60%, то генератор зберіг 40% своєї початкової ціни. 12 000 грн × 40% = 4 800 грн.

6. Коригування на торг: 4 800 грн × 0,95 (мінус 5%) = 4 560 грн.

Висновок по Кейсу 1: Фінальна справедлива ринкова вартість вживаного генератора становить 4 560 грн. Спроба продавця виставити його за 8 000–9 000

грн (спираючись на те, що він «майже новий») у цей період буде економічно неперспективною, товар буде застоюватися.

Кейс №2: Професійний дизельний генератор у період енергетичної кризи

Об'єкт оцінки: Дизельний генератор KJ Power (потужність 10 кВт, повітряне охолодження).

Технічний стан: Є вбудований цифровий лічильник, який чітко показує напрацювання — 1200 мотогодин. Апарат обладнаний електростартером та блоком автоматичного запуску.

Ринкові умови: Оцінка проводиться взимку під час регулярних планових вимкнень світла (економічний знос відсутній).

Поточна ціна нового аналога в магазині: 110 000 грн.

Проведення розрахунку за методикою:

1. Визначення фізичного зносу: Об'єкт належить до Категорії 3 (дизель, повітряне охолодження), де кожні 100 мотогодин віднімають 2,5% вартості [10]. Напрацювання складає 1200 годин. Розрахунок: (1200 / 100) × 2,5% = 30% фізичного зносу.

2. Визначення функціонального зносу: Обладнання професійного класу, має електростартер та автоматику. Функціональний знос дорівнює 0%.

3. Визначення економічного зносу: Період жорстких графіків відключень, попит на дизельну техніку з автоматикою максимальний. Економічний знос дорівнює 0%.

4. Розрахунок загального зносу: 30% (фізичний) + 0% (функціональний) + 0% (економічний) = 30% загального зносу.

5. Розрахунок попередньої вартості: Генератор зберіг 70% своєї вартості від ціни нового. 110 000 грн × 70% = 77 000 грн.

6. Коригування на торг: 77 000 грн × 0,95 = 73 150 грн.

Висновок по Кейсу 2: Справедлива ціна станції в період кризи становить 73 150 грн. Завдяки високій затребуваності дизельного палива та наявності автоматики, об'єкт зберіг високу ліквідність, незважаючи на суттєве напрацювання в мотогодинах.

Висновки. В результаті проведеного дослідження сформульовано такі науково-практичні висновки:

1. Доведено, що класичні методи оцінки машин та обладнання є малоефективними для масового сегменту б/у генераторів через ігнорування специфіки швидкого виробітку моторесурсу малолітражних ДВС та екстремальної залежності ринку від зовнішніх факторів.

2. Розроблено та математично обґрунтовано систему диференційованих відсоткових ставок фізичного зносу на основі кожних 100 мотогодин роботи, яка чітко розмежовує зношуваність бюджетних бензинових двигунів (10% на 100 год) та витривалих промислових дизельних станцій (0,7% на 100 год).

3. Визначено та кількісно виражено (у розмірі 10–15%) чинники функціонального зносу, пов'язані з відсутністю інверторних технологій або систем полегшеного електрозапуску, що дозволяє об'єктивно знижувати вартість морально застарілих моделей.

4. Розкрито природу економічного зносу автономних джерел живлення в Україні, який коливається від 0% під час енергетичних криз до 30% у періоди стабільної роботи загальної енергомережі, що є ключовим регулятором ціни на вторинному ринку.

5. Запропонована шестикрокова попроцентна методика є простим, ефективним та збалансованим інструментом, який легко інтегрується в практику бухгалтерського обліку підприємств, роботу судових експертів та може використовуватися рядовими громадянами для швидкого та безконфліктного встановлення справедливої ціни продажу техніки.

Список використаних джерел

1. Аналітика ринку автономного енергоживлення України (2022–2025 рр.) / Центр економічних досліджень. URL: ces.org.ua (дата звернення: 15.08.2026).
2. Лебідь Н. П., Мендрул О. Г. Оцінка машин та обладнання : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2018. 256 с.
3. Воронін В. О., Ларцев В. С. Практика визначення зносу машин і механізмів при проведенні незалежної оцінки. Економіка та держава. 2021. № 4. С. 45–51.
4. Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні : Закон України від 12 лип. 2001 р. № 2658-III. Відомості Верховної Ради України. 2001. № 47. Ст. 251. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 28.08.2026).
5. Національний стандарт № 1 «Загальні засади оцінки майна і майнових прав» : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 10 груд. 2003 р. № 1891. Офіційний вісник України. 2003. № 51. Т. 2. Ст. 2697.
6. Про затвердження Методики оцінки майна : постанова Кабінету Міністрів України від 10 груд. 2003 р. № 1891 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 20 лют. 2019 р. № 224). Урядовий кур'єр. 2019. № 60.
7. Національний стандарт № 1 «Оцінка майна та майнових прав. Загальні положення» (проєкт нової редакції) / Фонд державного майна України. Київ, 2024. 42 с.
8. Міжнародні стандарти оцінки (МСО 2024) / пер. з англ. за ред. А. Г. Амфітеатрова. Київ : УТО, 2024. 284 с.
9. ДСТУ ISO 8528-1:2019 (ISO 8528-1:2018, IDT). Агрегати генераторні змінного струму з поршневими двигунами внутрішнього згоряння. Частина 1. Застосування, технічні характеристики та продуктивність. [Чинний від 2020-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 19 с.
10. Дизельні та бензинові генератори: правила вибору та розрахунку моторесурсу двигунів : методичні рекомендації для суб'єктів господарювання / за ред. К. Д. Ковальова. Львів : Політехніка, 2022. 88 с.
11. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : затв. наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 лип. 2006 р. № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 13 лют. 2012 р. № 91). Офіційний вісник України. 2012. № 22. Ст. 843.
12. Шалаєв В. М. Визначення функціонального та економічного зносу машин та обладнання в сучасних умовах ринку України. Вісник оцінювача. 2023. № 2 (14). С. 18–25.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.010.142-145

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ

Кулик Олег
д.ю.н., старший науковий співробітник відділу господарсько-правових досліджень проблем економічної безпеки
Державна установа «Інститут економіко-правових досліджень імені В.К. Мамутова Національної академії наук України»,
Україна

Ефективне правове забезпечення кібербезпеки залишається одним із пріоритетів у системі національної безпеки України з огляду на взаємопов'язаність кібербезпеки із сталим розвитком інформаційного суспільства та цифрового середовища. До того ж, як зазначили В. Горлинський та Б. Горлинський, питання надійного захисту національного кіберпростору та організації ефективної системної протидії у кібервійні, постає одним з пріоритетних чинників забезпечення національної безпеки України [1, с. 127-128]. Однак в умовах євроінтеграції, за яких Україна вибудовує траєкторію змін правової парадигми та правосвідомості в суспільстві відповідно до ідеологічних засад acquis ЄС, актуалізується питання напрямів удосконалення відповідного законодавства з урахуванням обраного Україною вектору та сучасних реалій кіберзагроз.

Законодавче регулювання кібербезпеки здійснюється насамперед нормами Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 5 жовтня 2017 р. № 2163-VIII. Серед підзаконних нормативно-правових актів варто виділити Стратегію кібербезпеки України, затверджену Указом Президента України від 26 серпня 2021 р. № 447/2021, що фактично є програмним документом.

У науковій літературі численні праці правників, зокрема дослідження А. Грубінка [2], О.Д. Довганя [3], І.М. Дороніна [3], Я.С. Мануілова [4], присвячені питанням кібербезпеки. Проте, проблема удосконалення правового забезпечення кібербезпеки в умовах євроінтеграції України є малодослідженою і, з огляду на динамічний розвиток цієї сфери, потребує додаткового опрацювання.

Викладене підтверджує актуальність обраної теми дослідження, яке спрямоване на удосконалення правового забезпечення кібербезпеки з урахуванням змін правової парадигми та правосвідомості в суспільстві відповідно до ідеологічних засад acquis ЄС.

О.Д. Довгань та І.М. Доронін вважають, що євроінтеграція є одним із пріоритетів зовнішньої політики України, а це, у свою чергу, потребує

удосконалення нормативно-правової бази забезпечення кібербезпеки, яке б відповідало не лише міжнародним стандартам, а передусім українським національним інтересам [3, с. 63].

Тобто, національні інтереси мають переважне значення, але і міжнародні стандарти відіграють важливу роль, а в цьому Україні доцільно орієнтуватись саме на стандарти ЄС. А. Грубінко дійшов висновку, що транскордонний характер кіберзагроз призводить до того, що стійкість ЄС у цьому питанні прямо впливає на його безпеку. Євроатлантичне співтовариство зацікавлене в тому, щоб не допустити фрагментації кіберпростору і зберегти його відкритий, вільний та універсальний характер в умовах сучасних комплексних викликів міжнародній безпеці, зокрема поширенню кіберзлочинності в усіх її різновидах [2, с. 5-6].

ЄС усвідомлює необхідність реагування на сучасний стан кіберзагроз і забезпечує відповідний розвиток правового регулювання кібербезпеки. Зокрема, яскравим прикладом є Директива 2022/2555, також відома як NIS 2. У NIS 2, як зазначають дослідник, простежується ризик-орієнтований підхід до кіберзагроз і встановлюється низка елементів, які мають бути обов'язково присутніми. До них належать аналіз ризиків та безпека інформаційних систем, реагування на інциденти, забезпечення безперебійної діяльності, включаючи резервне копіювання, кризове управління та відновлення після аварій, безпека ланцюга постачання, безпека під час придбання, розробки та обслуговування, включаючи реагування на вразливості та їх розкриття, оцінка ефективності заходів з управління ризиками кібербезпеки тощо [5, с. 11].

Я.С. Мануілов зауважує, що з метою посилення протидії кіберзагрозам стають більш суворими правила кібербезпеки для всіх держав-членів ЄС, недодержання яких тягне відповідальність винних посадових осіб. Отже, законодавство ЄС стає дедалі більш жорстким, а санкції за порушення правил кібербезпеки закономірно посилюються [4, с. 153]. Такі правила, зокрема, встановлюються директивою NIS 2. Як зазначає Європейська Комісія, NIS 2 підвищує загальний рівень цілей ЄС у сфері кібербезпеки завдяки розширенню сфери застосування, чіткішим правилам та більш ефективним інструментам нагляду. Як правило, середні та великі суб'єкти господарювання у цих критично важливих секторах повинні будуть вживати відповідних заходів з управління ризиками кібербезпеки та повідомляти відповідні національні органи про значні інциденти. Директива NIS 2 також містить положення щодо нагляду, забезпечення дотримання вимог та добровільних колегіальних оглядів з метою зміцнення взаємної довіри та потенціалу у сфері кібербезпеки в усьому ЄС. Запроваджується відповідальність вищого керівництва за недотримання заходів з управління ризиками кібербезпеки, тим самим привертаючи увагу керівництва до питань кібербезпеки. Ця директива передбачає створення мережі груп реагування на інциденти в сфері комп'ютерної безпеки (CSIRT) для обміну інформацією про кіберзагрози та реагування на інциденти [6].

В українському законодавстві наявні окремі положення, які корелюються з нормами NIS 2, адже, як передбачено ч. 3 ст. 9 Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», до складу національної системи реагування на кіберінциденти, кібератаки, кіберзагрози входять: CERT-UA - національна команда реагування на кіберінциденти, кібератаки, кіберзагрози (національний CSIRT), діяльність якої забезпечується Державною службою спеціального зв'язку та захисту інформації України та завданнями якої є, серед іншого, виконання функцій національного контактного центру відповідно до Директиви Європейського Союзу щодо мережевої та інформаційної безпеки (NIS 2). Закріплення зазначеного видається вкрай позитивним кроком, адже визнає реалії необхідності поступової адаптації директиви NIS 2. У науці також визнається роль CERT-UA, адже А. В. Омельченко відносить її до суб'єктів забезпечення кібербезпеки [7, с. 144].

А. Пролорензо дійшов висновку, що гармонізація системи кібербезпеки України із законодавством ЄС (NIS2) виходить за межі суто техніко-юридичного процесу адаптації норм і становить складну політичну реформу, успіх якої залежить від збалансування євроінтеграційних зобов'язань, економічної спроможності бізнесу та вимог секретності сектору безпеки і оборони [8, с. 192-193].

Варто погодитись при цьому з В. В. Мігалатюк, що чинне вітчизняне законодавство вимагає запровадження відповідних правил запровадження ризик-орієнтованого підходу в діяльності з кібербезпеки в Україні. Зокрема це стосується як Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» так і Закону України «Про критичну інфраструктуру» [9, с. 146].

Слід визнати, що стрімке посилення європейських стандартів кібербезпеки, зокрема впровадження наскрізного управління ризиками та підвищення персональної відповідальності керівництва згідно з Директивою NIS 2, вимагає від України глибокої системної адаптації цих норм. У цьому контексті європейський досвід постає для нашої держави необхідним орієнтиром, який визначає напрям трансформації правового поля відповідно до вимог часу. Розуміння цих процесів дозволяє окреслити траєкторію якісного оновлення вітчизняного законодавства.

Отже, проведений аналіз дозволяє підсумувати, що траєкторія змін правової парадигми та правосвідомості в Україні відповідно до ідеологічних засад acquis ЄС виходить за межі суто техніко-юридичного копіювання європейських норм, а передбачає комплексні зміни, успіх впровадження яких залежить від збалансування національних інтересів, євроінтеграційних зобов'язань, економічної спроможності бізнесу та вимог безпеки.

Ризик-орієнтований підхід вимагає переходу від пасивного реагування до проактивного управління кіберризиками, що передбачає трансформацію суспільної та корпоративної правосвідомості, за якої забезпечення кібербезпеки стає обов'язковим елементом на кожному етапі життєвого циклу цифрових продуктів, а посадові особи та керівництво компаній несуть сувору персональну відповідальність.

Список використаних джерел

1. Горлинський В., Горлинський Б. Кібервійна як системний виклик кібербезпеці України. Information Technology and Security. 2025 Т. 13(1). С. 118–133. URL: https://doi.org/10.20535/2411-1031.2025.13.1.328980(дата звернення: 08.09.2026).
2. Грубінко А. Особливості формування політики кібербезпеки Європейського Союзу: правові аспекти. Актуальні проблеми правознавства. 2021. Т. 1, № 1. С. 5–10. URL: https://doi.org/10.35774/app2021.01.005(дата звернення: 08.09.2026).
3. Довгань О. Д., Доронін І. М. Ескалація кіберзагроз національним інтересам України та правові аспекти кіберзахисту: монографія; НАПрН України, НДІІП – К.: Видавничий дім «АртЕк». 2017. 107с. URL: https://ippi.org.ua/sites/default/files/eskalaciya_kiberzagroz.pdf(дата звернення: 08.09.2026).
4. Мануілов Я. С. Європейський досвід забезпечення кібербезпеки. Інформація і право. 2025. № 2(53). С. 147–154. URL: https://doi.org/10.37750/2616-6798.2025.2(53).334153(дата звернення: 08.09.2026).
5. Vandezande N. Cybersecurity in the EU: How the NIS2-Directive Stacks Up Against its Predecessor. SSRN Electronic Journal. 2023. URL: https://doi.org/10.2139/ssrn.4383118(дата звернення: 08.09.2026).
6. NIS2 Directive: securing network and information systems. European Commission. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive (дата звернення: 08.09.2026).
7. Омельченко А. В. Організаційно-правові засади забезпечення кібербезпеки України. Київський часопис права. 2021. № 3. С. 140–145. URL: https://doi.org/10.32782/klj/2021.3.22 (дата звернення: 08.09.2026).
8. Пролорензо А. Політико-правові засади гармонізації системи кібербезпеки України із законодавством Європейського Союзу: імплементація NIS2 та інституційна спроможність. Вісник прикарпатського університету. серія: політологія. 2026. № 23. С. 184–196. URL: https://doi.org/10.32782/2312-1815/2026-23-19(дата звернення: 08.09.2026).
9. Мігалатюк В. В. Удосконалення адміністративно-правового забезпечення кібербезпеки в Україні: досвід європейських країн. Наукові записки. Серія: Право. 2023. Т. 1, № 14. С. 143-147. URL: https://doi.org/10.36550/2522-9230-2023-14-143-147 (дата звернення: 08.09.2026).

Section: Management, Public Administration and Administration

ЦІНА ІДЕЇ

Дерменжи Петро Миколайович
архітектор
Архітектурна майстерня ТМА "Проєкт"

Анотація. Пропонується використання новітніх підходів до подолання проблемних питань винахідництва та авторського права. А також стратегій підприємства, які включають у себе всі можливі етапи створення інноваційної клімату, що сприяє розвитку винахідницької діяльності з урахування внутрішніх і зовнішніх факторів. Обґрунтовані шляхи поєднання зусиль законодавчої влади, підприємств та винахідників щодо узгодження інтересів учасників службового винахідництва.

Введення. Інновації виступають домінуючим чинником економічного розвитку, що в соціально-економічних реаліях стають не лише об'єктом загальної уваги, але й темою активних досліджень і практичних втілень. Динамічний темп технологічного прогресу, зміни на глобальному світовому ринку та постійне оновлення суспільних вимог породжують необхідність інновацій як засобу для вирішення складних економічних викликів. У світі, де панують технологічні відкриття та економічні зрушення, інновації стають не лише рушійною силою, але й необхідністю для досягнення сталого розвитку. Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій в сфері інноваційного розвитку свідчать про те, що сучасна економіка прагне використовувати інновації не тільки для забезпечення економічного росту, а й для розв'язання складних суспільних проблем, таких як зміна клімату, демографічні зрушення та нерівність. Інновації на основі новітніх технологій, таких як штучний інтелект, блокчейн, біотехнології та інші, стають важливим інструментом для здобуття конкурентних переваг і на міжнародній, і на внутрішній арені. Водночас економічні інновації слід сприймати не тільки як технологічні нововведення, а й як нові підходи до організації бізнесу, управління ресурсами та розвитку людського капіталу [1 - 3].

Попри очевидний прогрес, все більше проявляються наслідки цивілізаційного глухого кута, коли світ навчився купувати матеріальні блага, але залишається нездатним до придбання фундаментальних ідей. Це вказує на пастку, де винахідник змушений мовчати, щоб зберегти авторські права. Як єдиний можливий вихід пропонується створення інституту безумовної довіри і впровадження системи фінансово-юридичної передоплати за приховані знання.

Що потребує уваги та викликає найбільше занепокоєння у інтелектуального прошарку суспільства?

По-перше, це ілюзія "Оракулів": це синдром нечутливості до думок з натовпу. Сучасний світ обрав собі кумирів, звикнувши захоплено слухати тих,

хто найгучніше виступає з трибун глобальних форумів, запускає ракети чи будує промислові імперії. Однак за фасадом візіонерства таких умовних підприємців, як Маск, Безос, Альтман на світовій сцені, чи Вадатурський, Ахметов і Пінчук на місцевому рівні, приховується звичайна людська гордість.

Досягнувши вершини, ця система обгортається непроникним захистом з юристів, асистентів та радників, щиро вважаючи, що лише їм належить монополія на істину та прориви. Їхня головна хвороба – це абсолютна нечутливість до "голосу з натовпу". Якщо ідея не виникла в їхніх багатомільярдних лабораторіях досліджень і розробок, вона за замовчуванням вважається "білим шумом". Пиха не дозволяє корпоративним структурам уявити, що незалежний автор може створити диво поза їхньою системою координат.

Феномен громадської ілюзії стосовно соціально-економічних реалій виникає через певні особливості мислення людей. На основі емпіричних досліджень виявлено, що відповіді респондентів, які обробляють отриману інформацію, часто відрізняються від очікуваних дослідниками стандартних результатів. У ході аналізу та систематизації отриманих даних було виокремлено вісім типів ілюзій мислення. До них належать ілюзія ігнорування базової інформації, ілюзорна кореляція, помилка кон'юнкції, ефект фреймінгу, підтверджувальне спотворення, упередження переконань у дедуктивному мисленні, ілюзія контролю та ймовірність відповідності. Люди не завжди коректно оцінюють ймовірності, демонструють упередженість до підтвердження своїх поглядів, неефективно перевіряють гіпотези та ухвалюють рішення без повного врахування релевантної інформації. Прикладом ігнорування або вибіркового використання базової інформації є ситуації, коли респондентам доводиться обирати між основною та наданою інформацією [4].

Наступна проблема це парадокс "закритого конверта" – навіщо світ змушують торгувати "залізом", а не сенсом. Звична вимога корпоративного світу до винахідника звучить як ультиматум: "Покажи креслення, принеси готовий прототип, віддай ідею на експертизу нашим клеркам, і тоді ми подумаємо". Але щодо фундаментальних ідей це фальшива та шахрайська гра.

Ідея – це не залізо. Озвучити проривну концепцію вголос, розкрити вектор до укладення угоди – означає задарма віддати скарб у руки тих, у кого просто більше заводів і грошей.

Тобто, незалежно від специфіки відносин між роботодавцем та працівником щодо створеного винаходу, суть питання часто зводиться до вирішення однієї проблеми: коли працівник передає роботодавцю виключні майнові права на службовий винахід, він хоче знати, яку винагороду отримає. Зі свого боку, для роботодавця важливо отримати майнові права на винаходи, створені працівниками, та отримувати прибуток від їх використання. Основним предметом суперечок у цьому контексті зазвичай стає питання винагороди. Роботодавці не завжди готові виплачувати працівникам належну винагороду за винаходи, часто вважаючи заробітну плату достатньою компенсацією або обмежуючись мінімальною одноразовою виплатою без підписання відповідного договору про винагороду [5 - 7]

Пастка оприлюднення. Сказане вголос фундаментальне рішення – навіть виражене у кількох словах миттєво стає надбанням світу, знецінюючи авторство.

Саме тому автор, який володіє істинним знанням, змушений зберігати мовчання. Не тому, що у нього немає відповіді, а тому, що світ застряг у вбогому форматі торгівлі виключно матеріальними предметами.

Безсилля класичних інститутів: Чому патенти захищають деталі, а не вектори.

Існуюча патентна система створювалася під промислову епоху і сьогодні працює виключно проти авторів фундаментальних зрушень. Вона вимагає детального розкриття механізмів, формул та конструктиву.

Розкриваючи суть ідеї на папері в межах класичного патентування, незалежний автор потрапляє у завідомо нерівну боротьбу. Патент захищає конкретну форму реалізації (болт, гайку, схему з'єднання), але абсолютно не захищає сам фундаментальний вектор руху, який автор подарував світу. Корпоративні штати обходять патентні формулювання за лічені місяці, злегка змінивши геометрію, а автор залишається ні з чим. Патентне право перестало бути захистом – воно перетворилося на механізм безоплатного вилучення векторів розвитку у авторів.

В Україні зараз відсутня узагальнена судова практика стосовно вимог до роботодавців щодо виплат за винаходи. Це обумовлюється відсутністю чітких норм у національному патентному законодавстві та недостатньою обізнаністю винахідників, що заважає їм вимагати винагороду; а також небажанням доводити справу до суду. Згідно з законом, спірні питання повинні вирішуватись у судовому порядку, і винахідник буде змушений звертатися до фахівця, такого як адвокат чи патентний повірений, послуги яких є досить дорогими. Проте сподівання на краще вселяє створення в Україні Вищого суду з питань інтелектуальної власності. На противагу, у світовій практиці судові спори є звичним явищем. Враховуючи міжнародний юридичний досвід, організації та підприємства мають забезпечити, щоб: – трудові договори містили ефективні спеціальні положення щодо прав інтелектуальної власності, а також чітко визначали обов'язки працівників у процесі роботи; – трудові договори з науковцями та дослідниками передбачали обов'язок винаходити за можливості; – будь-які питання щодо інтелектуальної власності, на які роботодавець має намір посилатися як на частину трудових договорів, дійсно були включені в ці договори та виконувалися працівником на практиці. [7].

Практичні шляхи вирішення: Чотири рівні подолання глухоти.

Щоб вивести суспільство з цього тупика, необхідно сформувати нову культуру взаємодії з новаторами. Це можна зробити на чотирьох ключових рівнях.

Державний рівень. Закладення у бюджетні програми цільового фінансування на купівлю права першого викупу та викуп закритих концептуальних векторів. Держава повинна виступати гарантом безпеки для автора та формувати національний фонд проривних думок.

Незалежні спеціалізовані фонди. Створення венчурних інституцій нового типу, що спеціалізуються не на готових бізнес-метриках, а на оцінці репутації авторів та викупі "закритих конвертів" за схемою передоплати під суворі NDA-зобов'язання.

Корпоративний рівень. Реформа корпоративних R&D-відділів із виділенням окремих ліній бюджету на купівлю зовнішніх концептів до їхнього повного розкриття, зняття бюрократичних та юридичних блоків на вхідну думку.

Рівень особистої етики бізнес-еліти. Зміна мислення вже відбутих, заможних підприємців. Їм час навчитися бачити в незаможних новаторах майбутнього рівних собі за духом людей, відмовитися від зверхності та навчитися інвестувати у чужий геній на умовах довіри до особистості та її репутаційного бекграунду.

Тобто інноваційна проблема в Україні полягає не лише у традиційних питаннях фінансування та інституцій, а насамперед у ефективному управлінні, зокрема стратегічному, на рівні підприємств. Управління повинно визначати напрямок і загальну програму дій, спрямовану на інвестиції в інновації в усіх етапах формування споживчої цінності продуктів кожного виду бізнесу. Реалізація інноваційної стратегії та економічної діяльності на підприємствах має призвести до високих науково-технічних досягнень, підвищення ефективності виробництва, зростання бізнесу, покращення збереження ресурсів та екологізації. Всі ці фактори спрямовані на те, щоб інноваційна діяльність забезпечувала підприємству конкурентні переваги на ринку товарів і послуг. Окрім того, ці чинники можуть взаємодіяти між собою, що ускладнює розробку інноваційної стратегії.

Отже, інноваційна проблема в Україні охоплює не лише традиційні питання фінансування та інституційної бази, а насамперед стосується ефективного менеджменту на підприємствах, зокрема в стратегічному аспекті. Менеджмент має визначати напрямок і загальну програму дій для інвестування в інновації на всіх етапах ланцюга вартості та формування споживчої цінності продукції для кожного виду бізнесу підприємства. Успішна реалізація інноваційних стратегій повинна привести до досягнення підприємствами високого науково-технічного рівня, підвищення виробничої ефективності, покращення бізнес-показників, а також до вищих стандартів ресурсозбереження та зростання екологічності діяльності. Неважко помітити, що всі ці фактори спрямовані на забезпечення підприємству інноваційної привабливості та конкурентних переваг на різних товарних і сервісних ринках. Крім того, чинники можуть взаємодіяти не лише окремо, а через їх комбінації, що ускладнює розробку інноваційної стратегії (рис. 1).

Рис. 1. Етапи формування інноваційної стратегії підприємства [8]

Вибір інноваційної стратегії організацією залежить від багатьох факторів. Це включає умови та елементи зовнішнього середовища, сферу діяльності організації, номенклатуру та асортимент продукції, тривалість життєвого циклу товарів, здатність організації відстежувати науково-технічні дані про ринок інновацій, наявність відповідного науково-технічного і технологічного потенціалу, а також інші фактори, зазначені раніше. Напрями вибору інноваційної стратегії можна уявити у вигляді двовимірної матриці (рис. 2) [8].

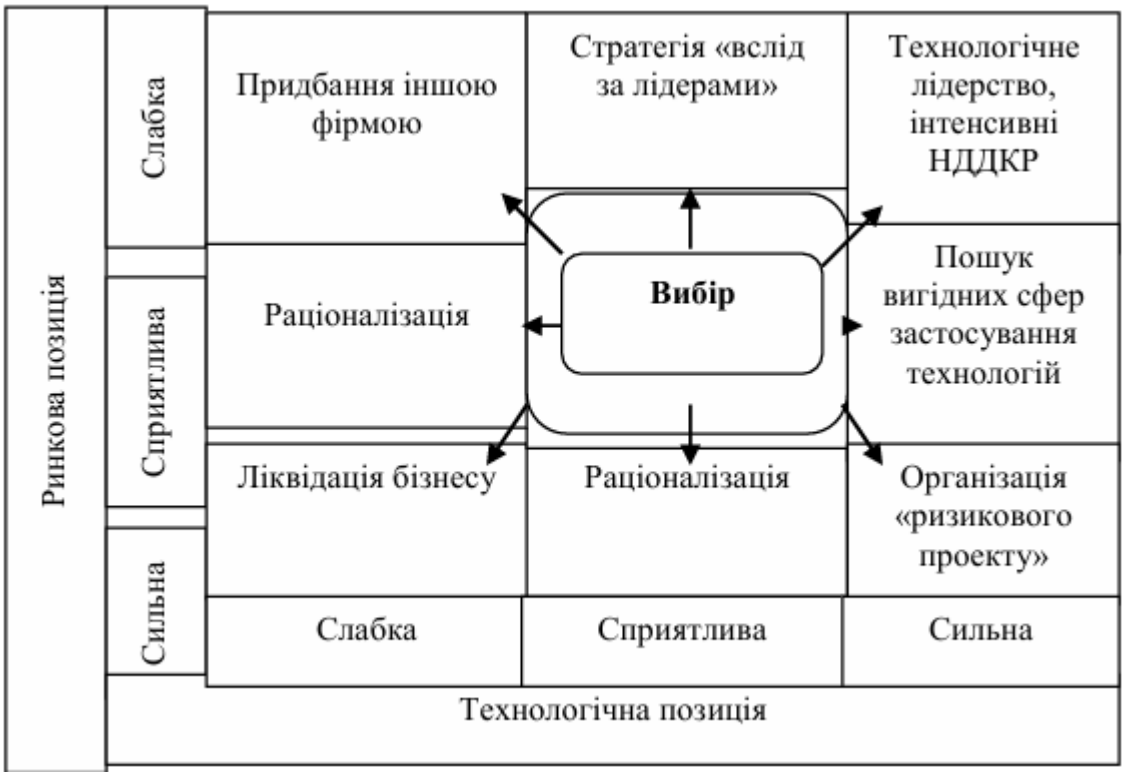


Рис. 2. Матриця вибору інноваційної стратегії

Ціна зверхності: Цивілізаційні збитки від корпоративної сліпоти.

Відсутність механізму купівлі "чистої думки" – це не проблема автора. Автор самодостатній у володінні своїм знанням, він не несе операційних збитків від того, що промисловість продовжуватиме йти складним і дорогим шляхом.

Направду ціну за цю сліпоту сплачує саме людство:

– мільярдні бюджети спалюються на мікропокращення застарілих систем (боротьба за частки відсотка ефективності).

– промисловість тупцює на місці, ускладнюючи конструкції там, де потрібна проста зміна кута зору.

– сотні фундаментальних осяянь ідуть разом із їхніми авторами у небуття.

Концепт існує, розрахунки є, виграш для виробництва – колосальний. Проте нинішня система не залишає автору жодного прозорого механізму для передачі цього знання без ризику його знецінення або банальної крадіжки. Це не прохання про допомогу і не пошук спонсорів. Це факт: поки ринок не здатний прийняти умови передоплати за "закритий конверт" і довіритися професійній репутації автора, ідея нового автомобіля залишатиметься в сейфі. А автопром продовжуватиме витрачати мільярди на тупикові розробки, так і не дізнавшись, де саме було прихований справжній скарб.

Висновки. Тому доцільним подоланням існуючої проблеми може стати таке. З огляду на потреби національної економіки в більш швидких і безперешкодних процесах комерціалізації результатів науково-технічної творчості, оптимальним рішенням для узгодження інтересів учасників службового винахідництва є підхід, за яким саме роботодавцю надається першочергове право на отримання патенту, а отже, і виключних прав. Працівнику при цьому забезпечується належна матеріальна компенсація у вигляді мотивуючого стимулювання. Цей підхід відповідає чинним нормам патентного законодавства і дозволяє суб’єктам господарювання максимально ефективно використовувати службові об’єкти патентного права у своїй діяльності, водночас забезпечуючи майнові інтереси автора-винахідника. Міжнародний досвід підтверджує доцільність цього підходу. Більшість країн віддає перевагу закріпленню прав на службові винаходи за роботодавцем разом із забезпеченням матеріального заохочення працівників. Є винятки, такі як Австрія і Польща, де право на службовий винахід належить працівнику, але при цьому він зобов’язаний передати його роботодавцю. Спільне володіння цими правами між працівником і роботодавцем рідко зустрічається. Модельний Кодекс інтелектуальної власності для держави також визначає, що майнові права на службовий об'єкт належать роботодавцю, якщо інше не встановлено законом чи договором. Отже, у сфері промислової власності доцільно прийняти правило, за яким суб’єктом права на патент та виключних прав визнається роботодавець, а працівнику забезпечується гідна винагорода на основі диференційного підходу [9, 10].

Список використаних джерел

1. Ганчук, М. Д. Інновації та їх вплив на економіку сучасного світу. URL: https://inns.vn.ua/web/uploads/pdf/Hanchuk.pdf.

2. Білорус. О. Г., Гриценко. А. А. Інноваційно-інформаційна економіка: цифровий вимір та еволюційна динаміка у глобальному контексті // Економічна теорія. – 2021. – № 1. – С. 115 - 119.
3. Єрмак, С. О. Генезис та сучасні тенденції розвитку теорії інновацій // Вісник ДонНУЕТ. – 2016. –№ 1(65). – С. 89 - 101.
4. Шовкова, О. Д. Види ілюзії мислення у когнітивній психології // Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія "Психологія". – Острог : Вид-во НаУОА, 2018. – № 7. – С. 33 - 39.
5. Андрієвський, А. Розвиток винахідницької та раціоналізаторської роботи у військовій ланці Збройних Сил України // Інтелектуальна Власність. – 2010. – №11. – С. 35 - 38.
6. Андрощук, Г. О. Державна підтримка патентування винаходів: зарубіжний досвід для України // Інтелектуальна власність в Україні. – 2018. – № 9. – С. 12 - 17.
7. Андрощук, Г. О. "Сіра зона" доктора Грея: кому належать права на винаходи університетських службовців // Винахідник і раціоналізатор. Наука і Техніка. – 2017. – №5. – С.26 - 28.
8. Дьякова, Н. М., Колісник, А. В. Інноваційні стратегії підприємства: від розробки до реалізації // Вісник НТУ "ХПІ". – 2013. –№ 67(1040). – С. 99 – 102.
9. Коваль І. Ф. Питання суб'єктного складу відносин у сфері службового винахідництва в контексті залучення патентних прав до господарського обороту // Вісник Донецького національного університету. – 2012. – Вип. 2. – С. 149 - 151.
10. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі: Закон України від 1 червня 2000 р. із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 21 грудня 2000 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 8. – Ст. 37.

PRICE OF THE IDEA

Dermenzhi Petro
Architect
Architectural workshop of TMA "Project"

Abstract. The use of new approaches to solving problematic issues of invention and copyright is proposed. As well as enterprise strategies that include all possible stages of creating an innovative climate that promotes the development of inventive activity, taking into account internal and external factors. Ways of combining the efforts of the legislative authorities, enterprises and inventors to coordinate the interests of participants in service invention are substantiated.

PUBLIC SERVICE PERFORMANCE MANAGEMENT IN DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES: A COMPARATIVE INSTITUTIONAL PERSPECTIVE

Fakhraddin Uzeyir Abbasov
Master's Program in Public Policy (English-taught)
The Academy of Public Administration under the President
Republic of Azerbaijan

Abstract

Public service performance management is intended to align employee behavior, organizational priorities, and public-value outcomes, yet its operation varies substantially across institutional contexts. This article compares the dominant characteristics of performance management in developed and developing countries through a structured narrative review of peer-reviewed research and international policy reports. The analysis distinguishes performance measurement from performance management and evaluates six dimensions: strategic alignment, indicator quality, feedback, managerial capability, incentives, and data maturity. Developed-country systems generally possess stronger administrative capacity, more reliable information infrastructures, and greater opportunities to use performance evidence for learning and talent development. Developing-country systems frequently confront formalism, rating inflation, politicization, weak managerial discretion, fragmented data, and limited links between appraisal and professional development. Nevertheless, institutional maturity rather than national income alone determines effectiveness. The article proposes a context-sensitive Public Service Performance Management Index and an adaptive implementation cycle that combines quantitative targets, qualitative judgment, citizen feedback, and continuous capability development. The main conclusion is that successful reform depends less on importing sophisticated templates and more on building credible goals, fair review routines, managerial competence, and organizational trust.

Keywords: public service, performance management, developed countries, developing countries, civil service reform, public value

Introduction

Governments rely on public servants to convert laws, budgets, and policy commitments into services that citizens can experience. Performance management therefore occupies a central position between public policy design and implementation. It includes goal setting, measurement, review, feedback, development, incentives, and the use of performance information in managerial decisions. Performance measurement alone produces indicators; performance management creates routines through which those indicators are interpreted and acted upon (Behn, 2003; Van Dooren et al., 2015).

The comparative problem is that similar appraisal forms may produce different outcomes in different administrative systems. In developed countries, mature human-resource institutions and digital data systems may support differentiated assessments and

developmental feedback. In developing countries, the same formal instruments can become compliance exercises when goals are unclear, supervisors avoid difficult judgments, and performance information is not trusted. Even among advanced administrations, however, more indicators do not automatically produce better steering, and managers may underuse available information (Moynihan & Pandey, 2010; Pollitt, 2006). This article asks: Which institutional conditions explain differences in public service performance management, and what model can be adapted across levels of development?

Conceptual Framework

Modern public-sector performance systems emerged partly from New Public Management, which emphasized targets, managerial responsibility, output control, and results-oriented budgeting (Hood, 1991). Later approaches broadened the concept by recognizing public value, collaboration, employee motivation, and the limits of purely numerical accountability. Performance measures can support evaluation, control, budgeting, motivation, learning, and improvement, but each purpose requires different information and behavior (Behn, 2003). Consequently, an effective system should balance three functions: steering employees toward agreed priorities, motivating effort through meaningful recognition, and developing future capability (Schnell et al., 2021).

Evidence suggests that performance management has a positive but context-dependent association with organizational performance. A meta-analysis found that performance-management interventions generally improve results, while also showing substantial variation across designs and settings (Gerrish, 2016). Behavioral research similarly emphasizes leadership, employee commitment, perceived fairness, and supportive management rather than assuming that targets alone change conduct (Asif & Rathore, 2021). The analytical unit should therefore include both the technical quality of indicators and the institutional environment in which managers use them.

Method

The study uses a structured narrative review and comparative institutional analysis. Sources include peer-reviewed studies on performance information use and public-sector appraisal, together with OECD and World Bank frameworks published between 2003 and 2025. The developed-country category refers mainly to administrations with comparatively stable merit systems, established data infrastructures, and professionalized management. The developing-country category refers to administrations where capability, informality, political intervention, fiscal constraints, or fragmented information systems more strongly shape implementation. These categories are analytical rather than absolute: countries may display advanced practices in one agency and weak practices in another.

Comparative Findings

In many developed administrations, performance management is increasingly integrated with workforce planning, mobility, leadership development, and organizational learning. OECD guidance promotes coherent people management, leadership capability, continuous learning, and alignment between strategic planning and employee performance (OECD, 2019, 2023). Recent OECD evidence also shows that central administrations commonly use performance assessment to connect individual actions with

team and civil-service objectives, identify skill gaps, and support talent decisions (OECD, 2025). Stronger data systems make frequent monitoring possible, while mature administrative law and appeal mechanisms can improve procedural fairness.

These advantages do not eliminate dysfunction. Indicator proliferation can encourage tunnel vision, gaming, risk avoidance, and excessive reporting. Supervisors may still inflate ratings or avoid differentiating performance, and ministries may collect sophisticated data without using it strategically. Comparative European research found that performance-indicator systems became more elaborate while strategic steering remained relatively weak (Pollitt, 2006). Thus, the main developed-country challenge is often not the absence of information but converting information into learning, prioritization, and responsible managerial judgment.

Developing-country systems often begin with formal appraisal rules but lack the complementary institutions needed for credibility. Common constraints include unstable goals, limited job analysis, insufficient supervisor training, fragmented personnel records, weak links between appraisal and training, politicized promotion, and compressed rating distributions. When employees believe ratings are predetermined or unrelated to career decisions, the appraisal becomes ceremonial. The World Bank therefore advises reformers to start with leadership commitment, align individual and organizational goals, tailor assessment to job types, diversify evidence sources, combine intrinsic and extrinsic motivation, invest in development, and embed the process in organizational culture (Schnell et al., 2021).

Table 1 Typical comparative patterns in public service performance management

Dimension	Developed-country tendency	Developing-country tendency	Adaptive implication
Goal alignment	More formal links among strategy, unit plans, and individual objectives	Goals may be broad, unstable, or weakly connected to job descriptions	Begin with a limited number of controllable, role-specific objectives
Indicators and data	More reliable administrative data and digital dashboards	Fragmented records, manual reporting, and uneven data quality	Use a balanced minimum dataset and verify indicators before attaching consequences
Feedback culture	Greater use of regular reviews, coaching, and development conversations	Annual form-filling may dominate; supervisors may avoid candid feedback	Train managers and require short quarterly evidence-based conversations
Incentives	Wider mix of mobility, recognition, learning, promotion, and sometimes pay	Rewards may be fiscally constrained or perceived as discretionary	Prioritize transparent non-monetary rewards and development opportunities
Accountability risks	Gaming, target fixation, and administrative burden	Politicization, favoritism, rating inflation, and formalism	Combine quantitative measures, qualitative judgment, audit, and appeal

Note. The categories describe recurring institutional patterns, not uniform characteristics of every country or agency.

An Adaptive Performance Management Model

A transferable model should measure institutional readiness before linking appraisal results to high-stakes rewards or sanctions. The following Public Service Performance Management Index (PSPMI) is proposed as a diagnostic rather than a universal ranking. It combines six normalized dimensions: strategic alignment, measurability, feedback quality, managerial capability, leadership and fairness, and data maturity. Weights should be determined through expert consultation and policy priorities.

$$\text{PSPMI} = \sum_{i=1}^{6} w_i x_i, \quad \sum_{i=1}^{6} w_i = 1$$

Here, x_i represents a dimension score from 0 to 1 and w_i represents its policy weight. A low score in managerial capability or data quality signals that the government should emphasize coaching, job clarification, and pilot testing before introducing performance-related pay. The expected change in service performance can also be expressed as a function of alignment (A), feedback (F), capability (C), data maturity (D), and institutional constraints (I):

$$\Delta P = \beta_1 A + \beta_2 F + \beta_3 C + \beta_4 D - \beta_5 I + \varepsilon$$

The equation is conceptual: it states that reforms are more likely to improve performance when alignment, feedback, capability, and usable data rise, while politicization, weak trust, and rigid procedures reduce the effect. It also prevents a frequent reform error—treating the appraisal form as the intervention while ignoring the management system around it.

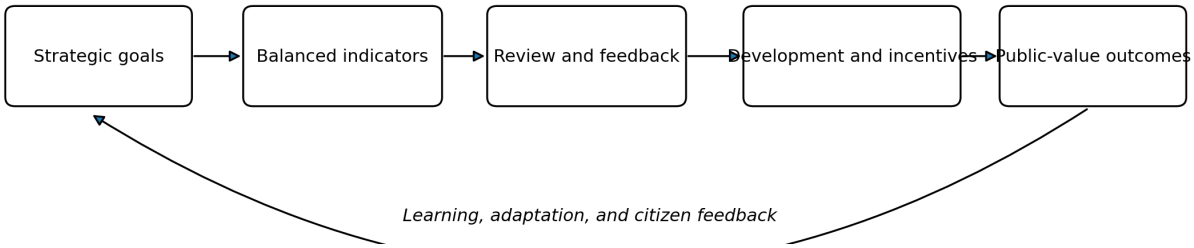


Figure 1 Adaptive public service performance-management cycle

Discussion and Policy Implications

The comparison indicates that administrative capacity determines which performance tools are credible. Developed systems can focus on reducing complexity, improving evidence use, and protecting professional discretion. Developing systems should sequence reform: clarify mandates and job roles, build a small verified indicator set, train supervisors, introduce regular feedback, strengthen review and appeal, and only then attach significant rewards. This sequence is more realistic than adopting an advanced competency framework, digital dashboard, and performance-pay scheme simultaneously.

Four principles follow. First, measures should cover outputs, service quality, timeliness, equity, and citizen experience rather than volume alone. Second, employee performance must be separated from factors outside the employee's control. Third,

ratings should trigger development plans and organizational problem solving, not merely administrative classification. Fourth, performance information should be discussed in recurring routines where managers explain variance, identify causes, and agree on corrective action. Such routines increase the chance that data will be used rather than merely reported (Moynihan & Pandey, 2010).

For Azerbaijan and comparable reforming administrations, the model suggests piloting differentiated systems across job families. Transactional roles can use more objective timeliness and accuracy measures; analytical and policy roles require peer review, quality assessment, stakeholder feedback, and evidence of policy contribution. A central framework can define fairness standards, while agencies retain controlled flexibility to select indicators suited to their functions. Independent moderation panels and digital audit trails can reduce favoritism without removing necessary managerial judgment.

Conclusion

Public service performance management is not a neutral technical instrument. It is an institutional practice shaped by leadership, trust, capability, data quality, administrative law, and organizational culture. Developed countries generally possess more favorable enabling conditions, yet still struggle with gaming, information overload, and weak strategic use. Developing countries face sharper implementation gaps, especially when formal appraisal is disconnected from job reality and career development. The most effective reform strategy is therefore adaptive and sequenced. Governments should build clear goals, balanced evidence, competent managers, fair review, and learning routines before using high-stakes incentives. A context-sensitive diagnostic index and cyclical model can support comparison while avoiding the assumption that one administrative template is universally transferable.

References

1. Asif, A., & Rathore, K. (2021). Behavioral drivers of performance in public-sector organizations: A literature review. SAGE Open, 11(1), 1–13. https://doi.org/10.1177/2158244021989283
2. Behn, R. D. (2003). Why measure performance? Different purposes require different measures. Public Administration Review, 63(5), 586–606. https://doi.org/10.1111/1540-6210.00322
3. Bouckaert, G., & Halligan, J. (2008). Managing performance: International comparisons. Routledge.
4. Gerrish, E. (2016). The impact of performance management on performance in public organizations: A meta-analysis. Public Administration Review, 76(1), 48–66. https://doi.org/10.1111/puar.12433
5. Hood, C. (1991). A public management for all seasons? Public Administration, 69(1), 3–19. https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.1991.tb00779.x
6. Moynihan, D. P. (2008). The dynamics of performance management: Constructing information and reform. Georgetown University Press.

7. Moynihan, D. P., & Pandey, S. K. (2010). The big question for performance management: Why do managers use performance information? Journal of Public Administration Research and Theory, 20(4), 849–866. https://doi.org/10.1093/jopart/muq004
8. OECD. (2019). Recommendation of the Council on Public Service Leadership and Capability (OECD/LEGAL/0445).
9. OECD. (2023). Public employment and management 2023: Towards a more flexible public service. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5b378e11-en
10. OECD. (2025). Government at a glance 2025. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/0efd0bcd-en
11. Pollitt, C. (2006). Performance management in practice: A comparative study of executive agencies. Journal of Public Administration Research and Theory, 16(1), 25–44. https://doi.org/10.1093/jopart/mui045
12. Schnell, S., Miheș, D., Sobjak, A., & Van Acker, W. (2021). Performance management in the public administration: Seven success factors. World Bank.
13. Van Dooren, W., Bouckaert, G., & Halligan, J. (2015). Performance management in the public sector (2nd ed.). Routledge.
14. World Bank. (2018). Improving public sector performance: Through innovation and inter-agency coordination. World Bank.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.011.158-163

TRANSFORMATION OF LOGISTICS MANAGEMENT THROUGH THE INTEGRATION OF AUTONOMOUS SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

Ukrainets Vasyl
Owner, Waycore, 45 Povstanska St., Gorodok,
https://orcid.org/0009-0005-2851-3312

Introduction. Logistics management is gradually shifting from digital support for individual operations to algorithmic management of interconnected flows. This transformation concerns not so much the automation of physical actions as the mechanism of operational decision-making. An algorithm receives data on orders, inventory, transportation, traffic conditions, and capacity utilization. It then forecasts changes in relevant parameters and adjusts operational execution accordingly. This cycle reduces the time lag between the occurrence of an operational deviation and the corresponding management response. In transportation systems, artificial intelligence is already used for traffic forecasting, dynamic routing, autonomous vehicle management, and freight flow management. In this context, autonomy does not imply

the complete elimination of managerial involvement. Its practical value emerges when a system independently executes standardized decisions while a human manager retains control over exceptions and critical constraints. This changes the nature of managerial work. Managers spend less time manually coordinating routes, order sequencing, and inventory movements. Instead, a greater share of their responsibilities involves configuring rules, maintaining data control, analyzing operational deviations, and evaluating algorithmic recommendations.

Research Results. Research on the evolution of supply chains from Industry 4.0 to Industry 6.0 reveals a similar trajectory, progressing from automation to human-machine interaction and then to self-learning systems. The most substantial transformation occurs at the level of operational planning. A static route developed at the beginning of a shift can quickly lose its optimality when traffic conditions, weather, or order priorities change. An algorithmic system processes these signals continuously. It can modify routes, reallocate vehicles, adjust time windows, and redistribute part of the workload among logistics hubs [5]. The integration of AI, IoT, big data analytics, and digital twins creates an environment that supports this type of adaptation. The resulting effects are clearly reflected in empirical findings from logistics networks. In a study of the Middle Corridor using data from 2019 to 2023, AI integration reduced delivery time by 11.7%. Inventory holding costs decreased by 16.3%, while fuel consumption declined by 9.2%. The structure of these indicators is particularly informative. Improvements occur simultaneously across transportation, warehousing, and resource utilization. This indicates that algorithmic management should be evaluated through a system of interconnected outcomes rather than through savings generated by a single operation [2, p. 101].

Warehouse logistics represents the second level of transformation. Autonomous mobile robots independently plan their movement trajectories, detect obstacles, and adjust their routes when the configuration of the work area changes. Unlike traditional automated guided vehicles, they do not require continuous adherence to a fixed path. This changes the underlying principle of warehouse planning. The manager no longer controls the sequence of each individual movement but instead manages priority rules, accessible zones, safety constraints, and target order fulfillment indicators.

Warehouse autonomy, however, has another important characteristic. The employee does not necessarily disappear from the operational cycle. Instead, the employee interacts with the robotic system through mobile devices, coordinates nonstandard situations, and intervenes when professional judgment is required. More precisely, automation changes the distribution of functions between the human operator and the technical system. Repetitive physical operations are transferred to autonomous equipment, while exception management remains a managerial function [4, p. 174]. To systematize these changes, it is appropriate to compare the technological component, the autonomous operation, and the corresponding parameter of managerial control (Table 1).

Table 1 –Variability in the Redistribution of Managerial Functions in Logistics Through the Integration of AI and Autonomous Systems

No.	Technological Component	Autonomous Operation	Data for Algorithmic Decision-Making	Change in the Manager's Function	Controlled Outcome
1	AI-based routing	Dynamic route adjustment	GPS data, traffic, weather, road restrictions	Control of routing rules	Delivery time and reliability
2	Predictive analytics	Adjustment of the supply plan	Demand, sales, seasonality, external signals	Validation of forecasting scenarios	Inventory planning accuracy
3	AMR	Movement of goods within the warehouse	Warehouse map, tasks, obstacles	Management of operational priorities	Warehouse throughput
4	Autonomous transportation	Execution of transportation tasks	Route data, road conditions, telemetry	Exception and safety control	Vehicle utilization
5	Unmanned aerial vehicles	Delivery and internal monitoring	Coordinates, cargo data, weather, battery charge	Definition of operating zones and constraints	Last-mile delivery time
6	Digital twin	Modeling of logistics scenarios	Flows, resources, capacity, constraints	Selection of a reconfiguration scenario	Resilience of the logistics configuration
7	Predictive maintenance	Prediction of equipment failure	Telemetry, wear, failure history	Risk-based intervention planning	Unplanned equipment downtime
8	Demand sensing	Automated refinement of short-term forecasts	Orders, customer behavior, market signals	Control of replenishment thresholds	Inventory shortages and excess inventory
9	Integrated AI platform	Coordination of transportation and warehousing decisions	ERP, TMS, WMS, IoT, external data	Management of rules and exceptions	End-to-end flow synchronization

Source: compiled by the author.

The configuration presented in Table 1 demonstrates one fundamental change. The center of management shifts from individual pieces of equipment to an integrated information environment. For this environment to function effectively, data from ERP, TMS, WMS, IoT, and external platforms must be synchronized according to a common temporal logic. Fragmented datasets create duplication, gaps, and inconsistent levels of detail, which reduce algorithmic reliability. Autonomous transportation operating

with inaccurate coordinates or a robot executing an outdated task does not improve operational control. Instead, it is more likely to automate an existing information error [1, p. 302].

This leads to another transformation related to inventory management. A traditional system responds when the reorder point has already been reached. AI can process short-term demand signals before they are fully reflected in sales. Structured and unstructured data are used to refine forecasts and balance inventory levels. At the same time, algorithms support resource allocation, anomaly detection, routing, and real-time inventory adjustment. As a result, inventory management shifts from responding to shortages to the early adjustment of their probability.

A similar logic applies to the technical condition of transportation assets. Predictive maintenance replaces calendar-based maintenance with a forecasting-based approach. The algorithm analyzes telemetry, failure history, and deviations in operating parameters. The manager receives an alert before an actual equipment failure occurs. This reduces the risk of unplanned downtime, which often causes cascading disruptions to operating schedules. In this context, autonomy does not mean performing repairs without human involvement but rather using machine-based analysis to identify the point at which intervention becomes economically justified. Predictive maintenance is also regarded as a means of preventing disruptions to logistics services [3].

However, technical autonomy increases dependence on digital infrastructure. A communication channel failure, account compromise, or disruption of sensor data flows now affects more than information alone. Such events can alter the physical behavior of a vehicle or robotic equipment. Cybersecurity therefore shifts from a supporting IT function to an operational parameter of logistics management. Research on AI integration also identifies challenges related to interoperability, model robustness, regulatory requirements, and workforce adaptation.

The issue of responsibility becomes equally complex. An algorithm may recommend the most economically efficient route, but the manager must also account for contractual, safety, and regulatory constraints. For this reason, full autonomy should not be extended mechanically to every class of decision. A high degree of algorithmic autonomy is appropriate for standardized and frequently repeated operations. Expensive, nonstandard, or safety-critical decisions require clearly defined thresholds for human intervention. Research also links trust in algorithmic decision-making to model explainability, personnel training, and the organization of human-machine interaction [6, p. 84].

As noted above, these changes extend beyond technological infrastructure. An enterprise must develop the ability to integrate internal expertise, external data flows, and AI-generated outputs. The capacity to combine these components is regarded as one of the prerequisites for effective AI implementation in logistics. In such a system, the manager no longer controls an individual route or a single warehouse shift. Instead, the manager defines the boundaries of autonomy, monitors data quality, evaluates exceptions, and adjusts operational rules when new risks emerge. The economic effect

of integration is also formed differently. It consists of fuel savings, reduced downtime, more accurate order picking, improved asset utilization, and shorter delivery times. Autonomous systems can adjust routes in response to delays, reassign deliveries, and improve the accuracy of cargo handling operations. At the same time, route optimization reduces unnecessary movements, while autonomous transportation supports fuel-efficient driving modes and improved capacity utilization.

The practical boundary of this transformation lies between automation and managed autonomy. Automation transfers the execution of a predefined operation to a machine. Managed autonomy, by contrast, transfers part of the authority to modify how the operation is performed in response to current data. The enterprise gains a faster operational response but simultaneously requires more precise control rules. An autonomous system can operate effectively only when the organization maintains high-quality data, platform interoperability, reliable digital infrastructure, and appropriately trained personnel.

Conclusions. The implementation of autonomous systems and AI algorithms transforms approaches to logistics management by shifting from discrete manual control to the coordination of self-regulating processes. The manager's role moves toward defining regulatory parameters, monitoring the quality of input data, analyzing process deviations, and establishing the boundaries of algorithmic autonomy. The greatest practical potential is realized when routing, predictive demand modeling, inventory optimization, warehouse operations, and maintenance services are comprehensively synchronized. The overall efficiency of autonomous logistics directly depends on the degree of alignment among digital infrastructure, information channels, and the distribution of managerial responsibility. Full algorithmic autonomy is rational for standardized repetitive operations. At the same time, decision-making under conditions of high uncertainty requires direct human involvement. Further large-scale adoption of artificial intelligence requires improved interoperability among digital platforms, stronger protection of information resources, enhanced digital competencies among specialists, and clear formalization of human intervention protocols.

References

1. Hidalgo Panez, K. M., Cuadrado Ramirez, D. B., Tocas Valero, J. C., & Ruiz Parejas, R. A. (2025). Artificial intelligence optimizes supply chains in search of predictive and sustainable logistics. In Proceedings of the 2025 International Symposium on Artificial Intelligence and Computational Social Sciences (AICSS '25) (pp. 297–306). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3776759.3776806
2. Khmara, M. P. (2025). The impact of artificial intelligence application on the optimization of logistics and warehouse management. Journal of Strategic Economic Research, (3), 97–109. https://doi.org/10.30857/2786-5398.2025.3.8
3. Rud, Y., Sapotnitska, N., Chaplynska, N., Palasevych, M., & Kudriavtseva, O. (2025). Analysis of the use of artificial intelligence in the management of logistics processes: Approaches and benefits. LatIA, 3, Article 279. https://doi.org/10.62486/latia2025279

4. Sadiku, M. N. O., Ajayi, S. A., & Sadiku, J. O. (2026). Artificial intelligence in logistics. International Journal of Trend in Scientific Research and Development, 10(1), 171–178. https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd100003.pdf
5. Saki, S., & Soori, M. (2026). Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced transportation systems, a review. Multimodal Transportation, 5(1), Article 100242. https://doi.org/10.1016/j.multra.2025.100242
6. Toth, Z., Goga, A.-S., & Boşcoianu, M. (2025). AI integration in fundamental logistics components: Advanced theoretical framework for knowledge process capabilities and dynamic capabilities hybridization. Logistics, 9(4), Article 140. https://doi.org/10.3390/logistics9040140

FORMATION OF AN INVESTMENT AND MARKETING CONCEPT FOR THE DEVELOPMENT OF THE SOCIO-ECONOMIC POTENTIAL OF TERRITORIAL COMMUNITIES

Troian Vladyslava
Phd, senior lecturer
Department of management and public administration
https://orcid.org/0000-0002-2142-2873
Rudachenko Olha
D.Sc. in Economics, Professor,
Head of the Department of Entrepreneurship and Business Administration
https://orcid.org/0000-0001-9597-574
Uhodnikova Olena
Ph.D. associate professor,
Head of the Department of Finance, Accounting, and Business Security
https://orcid.org/0000-0003-2218-0041
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Ukraine

Under the conditions of decentralisation reform, territorial communities in Ukraine have obtained considerable autonomy in managing local resources; however, the mere presence of natural, human, infrastructural and cultural potential does not automatically translate into higher living standards or increased investment inflows. Realising this potential requires not only a sound investment policy but also purposeful marketing of the territory, capable of making both internal stakeholders and external investors aware of, and confident in, the opportunities a community offers. Consequently, the formation of an integrated investment and marketing concept for community development becomes a relevant strategic task of local self-government (Kotler, Haider, & Rein, 1993).

The socio-economic potential of a territorial community can be defined as the aggregate capacity of its natural, labour, production, infrastructural, innovative, institutional and social resources to generate economic growth and improve the residents' quality of life. Its structure typically includes natural-resource, demographic-labour, production-economic, infrastructural, innovative-investment, institutional-managerial and social-cultural components. The extent to which this potential is realised depends on two interrelated processes: the attraction and efficient use of investment resources, and the formation of a clear image and positioning of the territory among its target audiences.

The investment component of the concept should be regarded as a system of principles, strategic priorities, sources and instruments aimed at creating a favourable investment climate, forming a portfolio of investment projects, and attracting capital for the implementation of the community's development priorities. Its key elements include an investment passport of the community, a register of investment sites and priority projects, local tax and rent incentives, simplified administrative procedures based on the "single window" principle, and the development of public-private partnership mechanisms as a means of combining public and private resources.

The marketing component of the concept is designed to ensure that the community's investment offer reaches, and is perceived favourably by, its target audiences. Territorial marketing should be understood as a system of activities aimed at studying the needs of investors, residents, businesses and visitors, and at forming and promoting an attractive image and brand of the territory on this basis. Its principal instruments are marketing research of the territory, including SWOT analysis and benchmarking with comparable communities, the development of a brand platform and unique value proposition, and the use of digital communication channels, participation in investment forums, and relationship marketing aimed at existing investors, residents and the diaspora (Anholt, 2010).

Investment and marketing components should not be designed in isolation from one another. Without a clearly formulated investment offer, marketing communication has no substantive content to promote; without purposeful marketing, even a well-prepared investment offer may remain unknown to potential investors and partners. The integration of these two components into a single concept therefore creates synergy: the investment component determines "what" the community offers, while the marketing component determines "how" this offer is communicated, positioned and reinforced in the perception of target audiences (Boisen, Terlouw, Groote, & Couwenberg, 2018).

The structural components of an investment and marketing concept for the development of the socio-economic potential of territorial communities are summarised in Table 1.

Table 1 - Structural Components of the Investment and Marketing Concept for Territorial Community Development

Component	Main instruments	Scope of application / Target audience	Expected result
Analytical-diagnostic	SWOT and PESTLE analysis of the territory; benchmarking with comparable communities; assessment of resource potential	Local self-government; strategic planning bodies	Objective assessment of strengths, weaknesses and competitive advantages of the community
Investment	Investment passport; register of investment sites; local tax and rent incentives; simplified administrative procedures; public-private partnership	Domestic and foreign investors; business entities	Formation of a favourable investment climate; growth of capital inflows into priority sectors
Marketing (branding)	Territorial brand platform; visual identity; unique value proposition of the community	Investors, residents, tourists, external partners	Recognisable and attractive image of the territory; increased trust of target audiences
Communication	Community website and social networks; participation in investment forums and exhibitions; media relations; investor relations programmes	Investors, diaspora, media, potential residents	Broader awareness of the community's opportunities; expanded network of contacts
Institutional-organisational	Investment support unit ("single window"); public consultations; cooperation with regional development agencies	Local council; business associations; residents	Coordinated implementation of the concept; reduced administrative barriers
Monitoring-evaluation	System of key performance indicators; regular investor and resident surveys; annual reporting	Local self-government; community stakeholders	Timely adjustment of the concept; evidence-based decision-making

Source: Compiled by the authors based on Kotler et al. (1993), Anholt (2010), and Boisen et al. (2018).

The analytical-diagnostic component underlies the entire concept, since decisions on investment priorities and brand positioning should rely on an objective assessment of the community's resource base, its competitive position relative to neighbouring territories, and the expectations of target audiences. Without such a diagnostic stage, both investment and marketing efforts risk being poorly targeted and inconsistent with the community's actual comparative advantages.

The investment component requires the local council to move beyond a passive approach to potential investors and to develop an active investment offer: a transparent register of available sites, clearly defined conditions for their use, and predictable local incentives. Equally important is the development of public-private partnership as an instrument allowing the community to share the financial burden and risks of large infrastructure and production projects with private partners while retaining control over strategically important assets.

The marketing (branding) component should result in a recognisable and coherent image of the territory that reflects its genuine strengths rather than generic slogans. A territorial brand built on authentic local resources, whether related to industrial traditions, natural assets, human capital or cultural heritage, is considerably more effective in attracting long-term investment and retaining residents than superficial promotional campaigns.

The communication component translates the investment offer and the brand into concrete messages delivered through the community's website, social networks, participation in investment forums and exhibitions, and systematic investor relations activities. Special attention should be paid to communication with the diaspora and with former residents, who often represent an underused source of both investment and reputational support for the territory.

The institutional-organisational component ensures the practical implementation of the concept. The establishment of a dedicated investment support unit operating on a "single window" basis, together with regular public consultations and cooperation with regional development agencies, reduces administrative barriers for investors and increases the coherence of actions taken by different community departments.

Finally, the monitoring-evaluation component allows the community to assess the practical effectiveness of the investment and marketing concept through a system of key performance indicators, regular surveys of investors and residents, and annual reporting. This makes it possible to adjust investment priorities and marketing messages in a timely manner, based on evidence rather than assumptions.

Thus, the formation of an investment and marketing concept for the development of the socio-economic potential of territorial communities requires the coordinated design of analytical, investment, marketing, communication, institutional and monitoring components. The effectiveness of such a concept depends not merely on the availability of resources, but on the ability of local self-government to combine a well-substantiated investment offer with purposeful and authentic territorial marketing, thereby strengthening the community's competitive position and ensuring the sustainable realisation of its socio-economic potential.

References

1. Kotler, P., Haider, D. H., & Rein, I. (1993). Marketing places: Attracting investment, industry, and tourism to cities, states, and nations. Free Press.
2. Anholt, S. (2010). Definitions of place branding – Working towards a resolution. Place Branding and Public Diplomacy, 6(1), 1–10. https://doi.org/10.1057/pb.2010.3

3. Boisen, M., Terlouw, K., Groote, P., & Couwenberg, O. (2018). Reframing place promotion, place marketing, and place branding – moving beyond conceptual confusion. Cities, 80, 4–11. https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.021
4. Bisogno, M., Cuadrado-Ballesteros, B., Manes-Rossi, F., & Peña-Miguel, N. (2024). Financial sustainability and sustainable development in local governments: Empirical insights. Public Performance & Management Review, 47(3), 784–811. https://doi.org/10.1080/15309576.2024.2340116

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.012.167-170

БАГАТОРІВНЕВИЙ ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА АДАПТИВНІСТЬ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Тарасюк Олександр Васильович
аспірант
Спеціальність «076 Підприємництво та торгівля»
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна
ORCID ID 0009-0009-0320-9241

Сучасні умови функціонування підприємств характеризуються посиленням взаємозалежності локальних логістичних рішень і глобальних змін у транспортних, торговельних та інфраструктурних системах. Геополітичні конфлікти, нестабільність ключових морських коридорів, коливання вартості перевезень і зміна конфігурації міжнародних товарних потоків підвищують вимоги до надійності та стійкості ланцюгів постачання. За оцінками UNCTAD, сучасний морський транспорт функціонує в умовах зростаючої турбулентності, коли порушення окремих маршрутів або транспортних вузлів здатні впливати на строки, вартість і доступність перевезень у глобальному масштабі [1].

Такі зміни трансформують критерії результативності логістичного забезпечення підприємницької діяльності. Якщо за відносно стабільного середовища пріоритетними є мінімізація витрат, оптимізація запасів і скорочення строків доставки, то за умов системної невизначеності орієнтація виключно на економічність окремих операцій підвищує вразливість підприємства. У міжнародних дослідженнях розвиток логістичних систем дедалі більше пов’язується з формуванням стійких і водночас гнучких конфігурацій ланцюгів постачання, здатних функціонувати в умовах географічної розпорошеності, цифрової взаємозалежності та високої частоти збурень [2].

Залежність підприємницької логістики від глобального середовища проявляється через торговельні потоки, транспортні тарифи, доступність

портової та прикордонної інфраструктури, зовнішньоторговельні обмеження й макроекономічну кон'юнктуру. Прогнози Світової організації торгівлі підтверджують високу чутливість міжнародного товарообігу до змін торговельної політики, геополітичної напруженості та динаміки світового попиту [3]. Відповідно, підприємство, навіть функціонуючи переважно на внутрішньому ринку, може опосередковано залежати від глобальних зрушень через імпортні ресурси, паливо, транспортні послуги, цифрові технології або поведінку контрагентів.

За таких умов логістична невизначеність не може бути зведена до одного джерела або одного виду ризику. Вона формується внаслідок одночасного накладання змін попиту, постачання, транспортної інфраструктури, фінансових умов, регулювання та інформаційного середовища. Глобальні ризики мають взаємопов'язаний характер, унаслідок чого локальне порушення здатне поширюватися через економічні, інфраструктурні й технологічні зв'язки [4]. Це зумовлює необхідність системного підходу до оцінювання впливу невизначеності на логістичне забезпечення підприємницької діяльності.

Принципове значення має розмежування рівнів, на яких проявляються наслідки невизначеності. Один і той самий зовнішній чинник може спочатку спричинити відхилення в окремій логістичній операції, надалі порушити послідовність взаємопов'язаних процесів, змінити конфігурацію мережевих зв'язків і зрештою потребувати стратегічної перебудови логістичної системи. Відповідну логіку узагальнено в табл. 1.

Таблиця 1 - Рівні впливу невизначеності на логістичне забезпечення підприємницької діяльності

Рівень впливу	Об'єкт трансформації	Ознаки прояву
Операційний	окремі логістичні операції, замовлення, перевезення, складські процедури	час виконання, помилки, простої, частка термінових рішень
Процесний	ланцюг закупівель, транспортування, зберігання, доставки та сервісу	узгодженість циклів, надійність поставок, відхилення від графіків
Мережевий	постачальники, перевізники, склади, клієнти, цифрові платформи	концентрація контрагентів, резервні зв'язки, видимість потоків
Стратегічний	довгострокова конфігурація логістичної системи підприємства	здатність до перебудови, інвестиції в цифровізацію, партнерства й резерви

Багаторівневий характер впливу невизначеності принципово змінює співвідношення між операційною ефективністю та адаптивністю. Низькі витрати або висока швидкість виконання операцій у поточному періоді не є достатнім свідченням стійкості логістичного забезпечення. Підприємство може демонструвати високі показники операційної ефективності й водночас залишатися залежним від одного транспортного коридору, постачальника або інформаційної системи. Тому оцінювання логістичного забезпечення має

охоплювати не лише фактичну результативність потоків, а й здатність системи реагувати на порушення, перебудовуватися та відновлювати прийнятний рівень функціонування.

Перехід від операційної ефективності до адаптивності передбачає зміну логіки управління. На першому етапі необхідним є своєчасне виявлення сигналів через моніторинг даних, стану маршрутів, контрагентів і критичних ресурсів. Наступним елементом є поглинання первинного шоку за допомогою резервів, буферів і страхових запасів. Якщо порушення перевищує можливості короткострокової компенсації, виникає потреба у перебудові потоків, зміні маршрутів, постачальників або логістичних вузлів. Після стабілізації операцій важливими стають відновлення прийнятного рівня сервісу та аналіз фактичних результатів управлінського рішення.

Ключовою ознакою адаптивної системи є наявність зворотного зв'язку. Досвід попередніх порушень має використовуватися для коригування нормативів запасів, правил вибору постачальників, карт альтернативних маршрутів, цифрових процедур моніторингу та допустимих рівнів сервісу. За такого підходу кожне збурення не лише створює втрати, а й формує інформаційну основу для підвищення готовності логістичної системи до подальших змін.

Формування адаптивності водночас потребує врахування економічних обмежень підприємства. Надмірне резервування потужностей, запасів або альтернативних маршрутів збільшує витрати й може знижувати поточну ефективність. Тому адаптивне логістичне забезпечення не передбачає максимального накопичення резервів. Його економічний зміст полягає у визначенні такого рівня ресурсної, партнерської, інформаційної та фінансової гнучкості, який забезпечує прийнятну безперервність потоків без надмірного зростання вартості їх підтримання.

Таким чином, глобальна логістична невизначеність формує багаторівневий вплив на підприємницьку діяльність – від окремих операцій до довгострокової конфігурації логістичної системи. За таких умов адаптивність має розглядатися як здатність підприємства своєчасно ідентифікувати збурення, поглинати їх первинний вплив, перебудовувати потоки та партнерські зв'язки, відновлювати прийнятний рівень сервісу й використовувати отриманий досвід для подальшого коригування управлінських рішень. Це зміщує пріоритет логістичного управління від мінімізації поточних витрат до забезпечення економічно обґрунтованого балансу між ефективністю, резервуванням, безперервністю та здатністю до перебудови.

Список використаних джерел

1. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2025: Staying the Course in Turbulent Waters. 2025. URL: https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2025
2. Wieland A., Durach C. F. Supply Chain Resilience: New Challenges and Opportunities. International Journal of Logistics Research and Applications. 2024. Vol. 27, no. 12. P. 2485–2512. DOI: 10.1080/13675567.2023.2262396

3. World Trade Organization. Global Trade Outlook and Statistics. April 2025. URL: https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/trade_outlook25_e.htm
4. World Economic Forum. The Global Risks Report 2025. 20th ed. Geneva, 2025. URL: https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.013.170-172

СУЧАСНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІНДУСТРІЇ

Амеліна Наталія
к.т.н., доцент
Петрикова Євгенія
к.т.н., доцент
Майстренко Алла
к.т.н., доцент
Кафедра технології будівельних конструкцій і виробів
Київський національний університет будівництва і архітектури
Україна

Будівельна індустрія традиційно вважається однією з найбільш консервативних галузей щодо цифрової трансформації. Проте масштабність проєктів, жорсткі терміни та велика кількість контрагентів вимагають миттєвого обміну даними. Паперовий документообіг уповільнює бізнес-процеси, призводить до втрати документів, помилок у кошторисах та затримок у погодженні актів виконаних робіт (наприклад, форм КБ-2в, КБ-3).

Будівельна галузь має унікальні особливості, які ускладнюють ведення документації. До них відносять:

- великий обсяг графічних даних. Робота з важкими кресленнями, 3D-моделями та проєктно-кошторисною документацією.

- триланцюгова структура взаємодії**.** Постійний зв'язок за схемою «Замовник — Генпідрядник — Субпідрядник».

- територіальна віддаленість**.** Офіс компанії, склад будматеріалів та будівельні майданчики часто розташовані в різних містах або регіонах.

- суворий юридичний контроль**.** Необхідність тривалого зберігання дозвільної та виконавчої документації для державних контролюючих органів.

Сучасні цифрові рішення виходять за рамки звичайного обміну файлами та пропонують:

- хмарне зберігання та мобільність**.** Доступ до актуальних креслень безпосередньо на будівельному майданчику через планшет або смартфон.

- управління версійністю. Автоматичне оновлення проєктної документації. Це виключає ризик будівництва за застарілими схемами.

- автоматизація погоджень. Налаштування наскрізних маршрутів затвердження договорів, нарядів та актів без фізичної присутності підписантів.

- інтеграція з іншими системами. Поєднання СЕД із кошторисними програмами (наприклад, АВК), обліковими системами (ERP/1С) та BIM-моделями (Building Information Modeling).

- застосування КЕП. Використання Кваліфікованого електронного підпису гарантує юридичну силу документів та захист від підробок.

Перехід на електронний формат забезпечує вимірюваний економічний ефект:

- економія часу. Час погодження внутрішніх та зовнішніх документів скорочується в 3–5 разів.

- зниження витрат. Зменшуються витрати на папір, друк, кур'єрську доставку та утримання фізичних архівів.

- прозорість процесів. Керівництво бачить, на якому етапі та у якого співробітника перебуває документ (виключення «людського фактора»).

- безпека даних. Розмежування прав доступу. Ризик втрати або викрадення комерційної таємниці зводиться до мінімуму.

Попри очевидні плюси, підприємства стикаються із викликами:

- психологічний бар'єр**.** Опір персоналу (особливо старшого покоління на майданчиках) нововведенням.

- фінансові інвестиції. Початкова вартість ліцензій програмного забезпечення, закупівлі обладнання та навчання персоналу.

- готовність контрагентів**.** СЕД ефективна тоді, коли субпідрядники та постачальники також готові працювати в електронному форматі.

Виробництво будівельних виробів і матеріалів (цемент, цегла, ЗБВ, сухі суміші, металоконструкції тощо) має суттєві відмінності від самого процесу будівництва. Це класичний промисловий сектор із безперервним або серійним виробництвом, складною логістикою та специфічним документообігом.

Документування лабораторного контролю та якості (ВТК)

На відміну від будівельного майданчика, завод працює за суворими державними стандартами (ДСТУ, ISO) та технічними умовами (ТУ):

- паспорти та сертифікати якості. На кожну партію продукції (наприклад, машину бетону чи палету цегли) має миттєво формуватися та підписуватися КЕП паспорт якості. СЕД дозволяє автоматично надсилати ці документи клієнту ще до моменту прибуття вантажу.

- журнали випробувань**.** Електронний облік результатів тестування сировини (пісок, щебінь, хімічні добавки) та готової продукції в заводських лабораторіях.

- складна складська та транспортна логістика. Підприємства будіндустрії оперують величезними обсягами тоннажної та габаритної продукції:

- Е-ТТН (Електронна товарно-транспортна накладна). Це критично важливий елемент. Інтеграція СЕД із державною системою е-ТТН дозволяє в реальному часі підписувати водіям, комірникам та замовникам документи на відвантаження будматеріалів за допомогою смартфонів.

• Переважувальні акти. Автоматична передача даних з автомобільних чи залізничних вагів підприємства безпосередньо в електронний акт приймання-передачі сировини, що мінімізує крадіжки та помилки.

Специфіка взаємодії з постачальниками сировини та енергоресурсів.

Виробництво матеріалів є енергоємним та залежним від безперебійного постачання природних ресурсів:

- специфікації на сировину. Регулярна зміна цін на енергоносії (газ, електроенергія) та складники вимагає швидкого перепогодження додаткових угод та специфікацій з постачальниками, щоб не зупинити заводи.

- екологічна документація**.** Облік відходів, викидів забруднюючих речовин (особливо для цементних та асфальтних заводів) та автоматизація звітності для екологічних інспекцій.

Робота з рекламаціями та браком

У виробництві будматеріалів ризик браку є високим (ρωзтріскування бетону, недотримання геометрії блоків тощо). Швидка фіксація браку на об'єкті покупця, передача фото/відео до СЕД заводу та миттєвий запуск процесу заміни товару або коригування бухгалтерських документів (розрахунки коригування, кредит-ноти).

Таким чином, **в**провадження електронного документообігу в будіндустрії — це не просто данина моді, а критична вимога для виживання компанії на конкурентному ринку. Автоматизація роботи з документами дозволяє уникнути критичних помилок під час будівництва, пришвидшує здачу об'єктів в експлуатацію та оптимізує капіталовкладення. Майбутнє галузі лежить у повній інтеграції СЕД із технологіями BIM, що дозволить створити єдине цифрове середовище для керування життєвим циклом будівлі.

Список використаних джерел

1. Ткаченко О. М., Прокопенко В. В. Організація документообігу на підприємстві: ключові аспекти в умовах цифровізації економіки. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 61. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/6449/6389/.
2. Швидка Т. В. Цифровізація будівельної галузі України: аналіз стану, проблеми та перспективи розвитку (впровадження технологій BIM та е-документації). Економіка та суспільство. 2022. Вип. 43. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4340.
3. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22 трав. 2003 р. № 851-IV. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 36. Ст. 275. URL: https://ips.ligazakon.net/document/T030851.
4. Деякі питання ведення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : Постанова Кабінету Міністрів України від 23 черв. 2021 р. № 681. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/681-2021-п.

Section: Marketing and Advertising

ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗВ'ЯЗКІВ З ГРОМАДСЬКІСТЮ

Кифяк Олександр
доктор економічних наук, професор
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, Україна

Стрімке впровадження технологій штучного інтелекту у сферу масових комунікацій суттєво змінює логіку функціонування зв'язків з громадськістю (PR), маркетингу та пошукових систем. Якщо раніше ефективність комунікаційної діяльності визначалася переважно охопленням аудиторії та частотою публікацій, то нині вирішальну роль відіграє здатність алгоритмів ідентифікувати, ранжувати та інтерпретувати інформаційні приводи. У зв'язку з цим бренди, державні установи та громадські організації змушені переглядати звичні комунікаційні стратегії, враховуючи зростаючу роль ШІ як посередника між джерелом інформації та кінцевим споживачем. Для України ця трансформація має особливу вагу: повномасштабна війна перетворила інформаційний простір на самостійну арену протистояння, а PR-відділи та комунікаційні служби державних органів, бізнесу й громадського сектору змушені працювати в умовах, коли ШІ одночасно є і інструментом їхньої роботи, і зброєю в руках супротивника [1].

Мета цього дослідження – систематизувати ключові напрями впливу штучного інтелекту на PR-практику та окреслити перспективи розвитку галузі на найближчий період, з урахуванням специфіки українського комунікаційного середовища воєнного і повоєнного часу.

Насамперед зазначимо, що інструменти штучного інтелекту доцільно згрупувати за їхньою роллю в системі PR. Так, першу групу застосувань ШІ в комунікаційній діяльності становлять аналітичні та прогностичні інструменти. Алгоритми машинного навчання здатні опрацьовувати значні масиви даних із соціальних мереж, медіапростору та пошукових систем, що дозволяє виявляти нові тенденції ще до досягнення ними пікової популярності та завчасно позиціонувати бренд у відповідному інформаційному полі. Не менш важливим є моніторинг репутації в режимі реального часу, який надає можливість оперативно реагувати на кризові явища або, навпаки, посилювати позитивну динаміку сприйняття бренду. Для українських комунікаторів ця функція набуває додаткового значення в контексті протидії скоординованим дезінформаційним кампаніям, зокрема мережам на кшталт Storm-1516, які, за оцінками аналітиків, активно переорієнтовують проросійські наративи залежно від змін у зовнішній підтримці України. Про це ж свідчать і висновки Європейської комісії про

повноцінне використання інструментів ШІ російськими та китайськими агентами впливу [1]. До цієї ж групи належать інструменти прогнозування вірусності контенту та оптимального часу його публікації, аналіз частки голосу бренду порівняно з конкурентами, а також прогнозний розподіл комунікаційних бюджетів на основі історичних показників ефективності. Сукупність цих інструментів дозволяє перевести стратегічне планування з площини інтуїтивних припущень у площину даних, підкріплених статистичними моделями.

Другий напрям пов’язаний із безпосередньою підготовкою та поширенням контенту. Генеративні моделі ШІ використовуються для оптимізації прес-релізів під пошукові запити, динамічного тестування заголовків та адаптації повідомлень до емоційного стану цільової аудиторії. Особливого значення набуває підбір журналістів на основі попередніх публікацій та тематичних інтересів, що суттєво підвищує результативність медіапітчингу. Важливим є й те, що генеративні системи ШІ навчаються переважно на матеріалах опрацьованих ними медіа – журналістських публікаціях, а не на рекламному чи корпоративному контенті, що надає PR-діяльності стратегічної переваги порівняно з традиційними каналами SEO, SEM або відеомаркетингу. Додатково ШІ застосовується для створення допоміжних візуальних матеріалів, транскрибування та перепрофілювання аудіо- й відеоконтенту, а також для оптимізації комунікацій під голосовий і розмовний пошук. Подібні технологічні можливості в українському контексті активно застосовує й волонтерська ІТ-спільнота, досвід якої ілюструє, наскільки генеративні та аналітичні рішення здатні протидіяти ворожій пропаганді навіть в умовах обмежених ресурсів.

Третя група функцій охоплює поглиблене вивчення аудиторії. Машинне навчання дозволяє виявляти нові сегменти споживачів, прогнозувати їхню реакцію на конкретні типи повідомлень і, відповідно, формувати персоналізовані комунікаційні наративи у великому масштабі. У цьому контексті ШІ також застосовується для ідентифікації лідерів думок – не лише за кількісними показниками підписників, а й за якістю взаємодії, автентичністю та відповідністю цінностям бренду. Динамічна адаптація тону, візуального оформлення й прикладів залежно від профілю споживача контенту стає новим стандартом ефективної комунікації. Платформи симуляції на основі ШІ дедалі активніше використовуються для підготовки речників компаній і державних інституцій до публічних виступів і відповідей на складні запитання. Це особливо важлива навичка для офіційних комунікаторів, які щодня працюють в умовах підвищеної суспільної тривожності та інформаційного тиску.

Четвертий, найвищий рівень застосування ШІ в PR-діяльності становить стратегічне планування. Автоматизовані системи звітності усувають потребу в ручному опрацюванні медіамоніторингу, формуючи комплексну аналітику настроїв, охоплення та SEO-цінності публікацій. Уніфіковані панелі моніторингу дозволяють інтегрувати дані із зробленого, платного та власного медіапростору, забезпечуючи керівництву цілісне бачення впливу комунікаційних зусиль на бізнес-показники в режимі реального часу.

Найпотужнішим інструментом цього рівня є моделювання сценаріїв, яке уможливлює прогнозування результатів кампаній за різних медійних, економічних чи культурних умов, що, своєю чергою, сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Для державних комунікаційних структур України стратегічне планування на основі ШІ дедалі частіше розглядається не як допоміжний, а як базовий елемент стратегічних комунікацій – поряд із протидією іноземному маніпулюванню інформацією, значення якої зростає в умовах затяжної інформаційної конфронтації.

Проведений аналіз засвідчує, що PR-сфера вже активно інтегрує технології штучного інтелекту та автоматизації для виконання таких завдань, як моніторинг медіа, аналіз даних і тональності інформаційних повідомлень, створення та персоналізація контенту, прогнозування репутаційних ризиків, виявлення інформаційних трендів і оцінювання ефективності PR-комунікацій [2]. Отже, штучний інтелект перетворюється з допоміжного технічного засобу на структуроутворюючий елемент сучасної PR-діяльності, який охоплює весь цикл комунікаційного процесу.

Зауважимо, що технологічний ентузіазм не повинен применшувати роль людського фактора, оскільки саме фахова експертиза комунікатора залишається визначальною під час управління інформацією, інтерпретації даних та ухвалення етично виважених рішень. Це особливо актуально для України, де довіра до державних і корпоративних комунікацій формується не лише технологічною ефективністю, а й здатністю комунікаційних структур діяти як «захисний бар’єр» проти дезінформації та зберігати прозорість у діалозі із суспільством [3].

Отже, конкурентну перевагу на медіаринку найближчих років отримають не ті організації, які просто впровадять інструменти штучного інтелекту, а ті, що зуміють поєднати технологічну ефективність алгоритмів із творчим і критичним мисленням фахівців із комунікацій, вибудовуючи наративи, які є одночасно емоційно переконливими для людини та структурно зрозумілими для машини.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка методології оцінювання ризиків застосування генеративного ШІ в PR-комунікаціях воєнного та повоєнного часу, зокрема критеріїв відмежування легітимної персоналізації контенту від маніпулятивних практик. Не менш актуальним є вироблення галузевих етичних стандартів і освітніх програм для українських комунікаторів, які б поєднували технічні навички роботи з ШІ-інструментами з критичним мисленням, необхідним для протидії гібридним інформаційним загрозам.

Список використаних джерел

1. Vlahčević Lisinski K. How AI-Driven Influence Operations Attack Ukraine. Cepa.org. 2026. URL: https://cepa.org/article/how-ai-driven-influence-operations-attack-ukraine/
2. Мироненко В. Використання штучного інтелекту в сфері зв’язків з громадськістю. Соціальні комунікації в умовах глобалізаційних процесів: стан, тенденції, перспективи. Збірник тез за матеріалами ІІІ Міжнародної наукової

конференції (м. Тернопіль, 14 травня 2025 року). Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2025. 283 с. С. 154-157. URL: https://www.researchgate.net/publication/393324962_Vikoristanna_stucnogo_intelektu_v_sferi_zv'azkiv_z_gromadskistu
3. Медведська В. Ю., Бадер А.В., Меженська О.В. Державні комунікації як інструмент легітимізації політичних рішень. Politicus. 2025. Вип. 5. С. 51–56. https://doi.org/10.24195/24149616.2025-5.8

УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ЕКСПОРТООРІЄНТОВАНИХ АГРОПІДПРИЄМСТВ

Таранченко Владислав
аспірант
Сумський національний аграрний університет, Україна

В умовах швидкісного зростання населення планети критичного значення набуває на лише розв'язання проблем зі збільшення ефективності виробництва продукції сільськогосподарської галузі, а й вирішення кола завдань, пов'язаних з логістичною діяльністю експортоорієнтованих агропідприємств [1, с. 127]. За поданого контексту до низки логістичних завдань необхідно віднести не тільки переміщення, обмін і розподілення агропродукції, а її складування, зберігання, переробку та сертифікацію згідно до вимог світових ринків [2, с. 835].

У векторі розгорнутого аналізу представлених міркувань доречно звернути увагу на те, що постачання безпечної та якісної аграрної продукції на глобальні ринки продуктів харчування залежить у наш час не тільки від рівня екологічної стабільності продуктивних земель, а й від спроможності логістичних структур і організацій якомога швидко та безперешкодно доставити аграрну продукцію до споживачів з урахуванням схильності такої продукції до псування, а відповідно й втратою нею необхідних споживчих якостей, обумовлених стандартами та/чи іншими нормативними документами, що діють у функціональному середовищі світових продовольчих ринків [3, с. 98].

Аналізуючи наукові розвідки вчених-маркетологів доречно відзначити, що існуючі проблеми логістичної діяльності аграрних підприємств має на сьогодні надзвичайно важливе значення у сенсі підвищення їх конкурентоспроможності в умовах глобалізації світових ринків аграрної продукції. І охоча представлений напрям маркетингових досліджень можна вважати розробленим, проблематика управління логістичною діяльністю експортоорієнтованої діяльністю аграрних підприємств у аспекті підвищення рівня конкурентоспроможності їх продукції залишається в наш час надзвичайно актуальною. У такий спосіб агровиробники зобов'язані розробляти ефективні стратегії збуту аграрної продукції, зокрема й в частині поліпшення управління логістичною діяльністю шляхом:

- застосування механізмів логістичного аутсорсингу;

- організаційної модернізації «логістичних центрів»;
- мінімізації логістичних розривів, збоїв і колапсів.

Розбираючи кожен з означених напрямів маємо зазначити, що логістичний аутсорсинг – це використання аграрним підприємством маркетингової стратегії отримання послуг від сторонніх компаній (контрагентів), що приймають участь у функціонуванні багаторівневої логістичної системи [4, с. 46]. Отже, механізм логістичного аутсорсингу завбачує делегування агропідприємством окресленої частини певних функцій у сфері логістики іншим бізнесовим структурам, що, з одного боку, підвищує ефективність виконання логістичних завдань, а з іншого боку, розвантажує управлінську структуру агропідприємства.

Розглядаючи логістичний аутсорсинг у аграрній галузі доречно відзначити, що був час, коли сільгоспвиробники самі вирощували сільгоспкультури, самі їх переробляли, самі знаходили канали збуту й самі доставляли товар до кінцевого споживача. Між тим з часом логістичні операції стали набагато складнішими, а області їх застосування – значно різноманітнішими, що й вимагає від аграрного бізнесу підвищення рівня логістичної послуг через залучення до цієї діяльності зовнішніх ресурсів та професійних виконавців [5, с. 117-118].

У такий спосіб логістичний аутсорсинг (Logistics outsourcing) чи так звана контрактна логістика (Logistics ccontract) – це використання зовнішньої фірми в якості оператора певних заходів у межах регіональної чи зовнішньоекономічної логістичної діяльності в умовах постачання сільгосппродукції на світові ринки продуктів харчування. Зовнішні фірми в наданому контексті виступають у ролі логістичних операторів чи пак логістичних диспетчерів.

Передавання неосновних чи невиробничих функцій сільгоспвиробників у операційне управління спеціалізованих бізнес-структур відбувається у зв’язку з відсутністю у таких аграрних підприємств можливості використовувати власні ресурси для організації й проведення тих логістичних операцій, які вони цілком зважено можуть довірити наявному системному партнеру в процесі здійснення логістичного аутсорсингу [6, с. 56]. Переадресування невиробничих і насправді непрофільних бізнес-процесів дозволяє агровиробникам вивільнити оборотний капітал для розвитку основних видів діяльності, що надає аграріям можливість досягати в бізнесі переконливих конкурентних переваг.

Разом із тим, за умов посилення конкурентного суперництва на глобальних ринках логістичних послуг, на сьогодні потребують організаційної модернізації так звані «логістичні центри» як у межах України, так і на територіях держав, з якими наша країна має зовнішньоторговельні відносини. У наданому контексті логістичні центри чи логістичні хаби визначаються дослідниками як відповідні інтегровано-об’єктні комплекси транспортної інфраструктури, що цілком здатні забезпечити системне управління ланцюгами постачань [7, с. 32], яке полягає у наданні значного комплексу складських послуг, сервісного обслуговування для провадження дистрибуції, мерчандайзингу, контролю та сертифікації продукції, оренди технологічного обладнання, IT-аутсорсингу тощо [8].

Отже, розгортання аграрних транспортно-логістичних центрів сприятиме економії ресурсів , оптимізації товаропотоків, нарощуванню обсягів перевезень, скороченню термінів поставок, збереженню якості й безпечності плодоовочевої продукції, зростанню конкурентоспроможності ринків агропродукції. Водночас створення міжнародних центрів логістики із обслуговування аграрних вантажів надасть можливість сертифікувати сільгосппродукцію і в неперервному режимі відслідковувати її переміщення по заданому маршруту.

Між тим за складних умов виникнення глобальних криз, масових пандемій чи-то воєнних конфліктів транспортно-логістичні системи постачання аграрної продукції можуть зазнавати логістичних розривів, збоїв або колапсів [9, с. 59]. З цих позицій відбувається зменшення кількісних показників експорту продуктів харчування та спостерігається відставання в часі щодо їх постачання на ринки. Таким способом порушення ланцюгів та графіків постачання сільгосппродукції може призводити або ж реально призводить до виникнення ризиків погіршення рівня продовольчої безпеки суспільства як у кордонах території України, так і в значній низці країн, із якими Україна має торговельні відносини.

Здійснення набору заходів щодо відновлення логістичної інфраструктури надасть можливість підтримати експортний потенціал сільгоспвиробників та/чи забезпечити стабільне і своєчасне постачання сільгосппродукції на продовольчі майданчики в різних країнах світу. Разом із тим підтримка сільгоспвиробників з боку держави чи зарубіжних споживачів надасть таким структурам можливість частково відновитися та підтримати своє конкурентоспроможне реноме на фоні глобальних логістичних трансформацій в системі світової економіки.

Список використаних джерел

1. Радченко О.П. Проблеми і перспективи функціонування національних логістичних систем на ринках аграрної продукції. Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління. 2023. Том 21. Вип. 2. С. 126-136.
2. Кусий С.В. Розвиток логістики в Україні. Молодий вчений. 2018. № 10 (62). С. 835-839.
3. Сливінська О.Б. Конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції. Приазовський економічний вісник. 2019. Вип. 3 (14). С. 96-99.
4. Проненко Т.Є. Проблеми логістики постачання аграрних підприємств. Агросвіт. 2016. № 22. С. 45-48.
5. Костенюк Ю.Б., Капитонець М.В. Логістичний аутсорсинг в Україні: стан та особливості розвитку. Економіка і організація управління. 2019. № 4 (36). С. 117-125.
6. Данилюк Т.І., Ющишина Л.О., Мохнюк А.М. Логістичний аутсорсинг в системі управлінні підприємством: доходи й витрати провайдерів. Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2019. № 3. С. 55-62.

7. Ковтун Т.А., Смокова Т.М, Ковтун Д.К. Огляд історії та міжнародного досвіду щодо транспортно-логістичних центрів. Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. 2021. № 3 (76). С. 29-46.
8. Оксенюк К.І. Розвиток логістичного аутсорсингу в Україні. Економіка та суспільство. 2022. Вип. 4. С. 1-5.
9. Панченко В.А. Оптимізація агропромислової логістики України в умовах порушення ланцюгів постачання через воєнні дії. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. 2024. № 77. С. 57-61.

Section: Mechanics and Electrical Engineering

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.014.180-182

ПОРІВНЯЛЬНИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИМІРЮВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

Курило Віталій Григорович
магістр, інженер-метролог ТОВ «Стомер»

В умовах війни з рф та широким використанням різноманітних дронів на полі бою, виникла велика потреба в застосуванні недорогих засобів РЕБ для збереження життя наших військових та об’єктів інфраструктури – «окопних» РЕБів.

Актуальність даного дослідження зумовлена нагальною необхідністю метрологічного контролю та підтвердження технічних і метрологічних характеристик наявних на ринку засобів радіоелектронної боротьби шляхом їх практичних випробувань і оцінювання відповідності встановленим вимогам.

Основними елементами окопного РЕБ є:

- блок завад (генератор завад, джамер, модуль перешкод, генератор шума та ін.);
- антена;
- блок живлення.

Блок завад (генератор завад, джамер) має видавати сигнал певної потужності та щільності. В теперішній час 99 % виробництва генераторів завад приходиться на КНР. Часто ці джамери виходять з ладу, з різноманітних причин: неправильне використання, низька якість елементів, брак виробництва, бойові умови та інше. Зазвичай, генератори завад працюють в діапазоні від 400 МГц до 5,9 ГГц [1]. Та видають потужність від 10 Вт до 100 Вт, та вище. Дуже актуально стоїть питання тестування цих приладів та визначення, що саме, та якої потужності сигнал виходить з цих генераторів [2], бо від цього залежить життя наших бійців.

Для перевірки потужності сигналу можуть застосовувати методи вимірювання описані в [3] та використовуватися сучасні вимірювачі потужності світових виробників таких як Boonton, Rohde&Schwarz, Keysight, Tektronix, Anritsu.

Але вартість такого обладнання складає сотні тисяч гривень або еквівалент тисячів доларів США.

Потрібна була альтернатива – варіант, що відповідає – критерію ціна/якість. Було розглянуто метрологічні характеристики, ринкова вартість, результати

випробувань декількох зразків присутніх на ринку України. На підставі досліджень, відгуків - рекомендували зразок Вимірювача потужності «№3» ALT PowerMeter V7 він має діапазон вимірювання від -60 дБ до + 30 дБ (1 Вт) частотний діапазон від 1 МГц до 10 ГГц.

Технічні параметри вимірювача:

- Діапазон вимірювання потужності: - 60 ~ +30 дБм (До 1 Вт), без застосування зовнішніх аттенюаторів. (0 ~ - 40 дБм має хорошу лінійність).
- Вимірювання потужності до 10/20/30/50/100 Вт із застосуванням зовнішніх аттенюаторів. В вимірювачі вводиться значення зовнішнього аттенюатора та вираховується потужність.
- Роздільна здатність вимірювання потужності: ±0,1 дБм
- Діапазон вимірювання частоти: 100 кГц~10ГГц;
- Вхідний опір: 50 Ом;
- Динамічний діапазон: 90 дБ;
- Робоча напруга 5 V DC (живлення через лінію TYPE-C або вбудованого аккумулятора);
- Струм зарядки: 300 мА.
-Розміри 66 х 36 х 24 см (без виступаючої N-головки);

Корпус виготовлений з корпусу з алюмінієвого сплаву, обробленого на ЧПК, і його вага становить менше 100 г.

Вартість приладу на момент публікації менше 7-ми тисяч гривень.

Як показала історія декількох років поспіль, прилад вимірювач потужності ALT PowerMeter V7 добре підходить для вирішення широкого кола завдань. Є зовсім недорогим засобом для вимірювання рівня потужності РЕБів. Але там де потрібна точність, його метрологічних характеристик виявилось недостатньо.

Заявлена похибкаприлада ±0,5 дБ на практиці означала, що при вимірюванні модуля РЕБ потужністю100 Вт (50 дБ), реальне значення коливається в діапазоні 89 Вт (49,5 Дб) до 112 Вт (49,5 Дб) до 112 Вт. Що було неприйнятним для виробників засобів РЕБ, військової прийомки та військових метрологів.

Було розпочато пошук більш точного приладу який би міг використовуватися для тестування РЕБів.

Шляхом метрологічних досліджень вибір припав на: Вимірювач потужності NRP-Z11 [4] відомої німецької фірми Rohde&Schwarz, який виготовлявся раніше в великих об’ємах.

Технічні параметри

Діапазон частот від 10 МГц до 8 ГГц.

Діапазон вимірювання потужності: від 200 до 200 мВт. (Від -67 дБМ до +23 дБМ.)

Max. 400 мВТ (+26 дБм) avg/1 Вт (+30 дБм) < 10 мкс.

Похибка 0,081 дБ в найбільш популярному діапазоні частот 100 МГц…4 ГГц. В діапазоні температур від 15 С до 35 С.

Тип конвектора N- тато.

Що це означає на практиці, при вимірюванні РЕБ потужністю 100 Вт (50 дБ), реальне значення буде коливатися в діапазоні 98,15 Вт (49,919Дб) до 101,9 Вт (100,081Дб).Що вже достатньо для точного вимірювання потужності РЕБів.

Також можлива метрологічна калібровка чи повірка даного приладу в органах Держстандарта або акредитованих метрологічних лабораторіях.

Вибір на данний вимірювач потужності припав ще й суто з економіних міркувань, на сьогодні його можна придбати по вартості в районі 1 тис.амер. долл. З точки зору метрологічних та цінових показників у приладаNRP-Z11 майже немає конкурентів.

Нажаль, на даний момент прилад NRP-Z11 не випускається, але на складах ще є залишки, та він доступний в Україні, а його сучасний аналог NRP-8Sкоштує 5…6,5 тис. Долл. США.

ВИСНОВОКИ

У результаті проведеного дослідження запропоновано комплексний підхід до оцінювання засобів радіоелектронної боротьби, який передбачає:

- науково обґрунтованій вибір методу вимірювання та відповідного засобу вимірювальної техніки для точного визначення метрологічних характеристик генераторів завад;
- методологію випробувань та верифікації, що дозволяє контролювати реальний рівень вихідної потужності в діапазоні робочих частот;
- комплексну кваліметричну оцінку, яка поєднує вимірювальні техніко-метрологічні параметри з економічними показниками (критерій «ціна/якість») для оптимізації витрат при збереженні необхідної точності.

Список використаних джерел

1. Lee Yu-Ri, Kim Dong-Gyu, Kim Hyoung-Nam. Enhanced pulse amplitude estimation for electronic warfare systems. IET Radar, Sonar & Navigation. 2019. Vol. 13, iss. 7. P. 1123–1130. DOI: [https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2018.5415 (дата звернення: 03.09.2026).]
2. Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи» зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» на тему: «Портативний комплекс радіоелектронного придушення систем навігації». [https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/02329cb2-9d64-46f9-9912-96851138db1e/content (дата звернення: 03.09.2026).]
3. Павленко Ю.Ф., Захаров І.П., Кондрашов С.І., Гусельніков В.К. Забезпечення єдності електрорадіовимірювань : підручник / за ред. Ю.Ф. Павленка. – Х. : Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с. – ISBN 978-617-687-009-8.
4. Operation manul. Universal Power Sensor. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1137_7470_01/NRP-Z11_Z21_Z31_Z41_Z61_Z211_Z221_Manual_en_09.pdf (дата звернення: 28.08.2026).]

Section: Medicine

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛІПІДНОГО ПРОФІЛЮ КРОВІ ТА КОЕФІЦІЄНТА АТЕРОГЕННОСТІ ЯК ПРЕДИКТОРІВ РОЗВИТКУ АТЕРОСКЛЕРОЗУ У ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ 1-ГО ТА 2-ГО ТИПІВ

Ростока Лариса Михайлівна
кандидат медичних наук, доцент
Кафедра біохімії та фармакології
Братанич Катерина Олександрівна
здобувачка вищої освіти бакалаврського рівня
Медичний факультет
Ужгородський національний університет, Україна

Вступ. Цукровий діабет – це одне з найбільш поширених хронічних метаболічних захворювань, зумовлене патофізіологічними механізмами, які призводять до гіперглікемії та мультисистемних ускладнень [1]. Глобальне зростання поширеності діабету значною мірою сприяло збільшенню тягаря атеросклеротичних серцево-судинних захворювань, які є провідною причиною інвалідизації та смертності в цій популяції. Діабет прискорює атеросклероз через низку механізмів, зокрема гіперглікемію, оксидативний стрес, хронічне запалення та епігенетичну дисрегуляцію, що призводить до формування нестабільних бляшок та підвищеного ризику серцево-судинних подій [2]. Атеросклероз, як захворювання великих та середніх артерій, є основним чинником смертності у хворих на діабет, оскільки механізми цього стану значно посилюються на фоні порушеного метаболізму глюкози [3]. Роль ліпідів є фундаментальною на кожній фазі атеросклеротичного процесу, який на сьогодні розглядається як хронічний ліпідозалежний запальний стан [4, 5]. Традиційний ліпідний профіль, що включає загальний холестерин, тригліцериди та ліпопротеїни різних класів, тривалий час залишається «золотим стандартом» оцінки ризиків у клінічній практиці [4]. Однак для більш тонкої та інтегральної оцінки дисбалансу ліпідів у пацієнтів з діабетом все частіше використовується розрахунковий коефіцієнт атерогенності. Цей показник дозволяє ефективніше прогнозувати прогресування атеросклерозу та ризик судинних ускладнень [6].

Мета роботи. Проаналізувати показники ліпідного профілю крові та коефіцієнта атерогенності для прогнозування ризику виникнення серцево-судинних ускладнень у пацієнтів із цукровим діабетом 1-го та 2-го типів.

Матеріали і методи дослідження. Проведено ретроспективне дослідження історій хвороб 13 пацієнтів, хворих на цукровий діабет 1-го типу, та 21 – на діабет 2-го типу. Також здійснено контент-аналіз сучасної наукової літератури на платформах Google Scholar, PubMed та Scopus.

Результати. До дослідження було залучено 34 пацієнти, які були розподілені на дві клінічні групи залежно від типу цукрового діабету. Першу групу склали 13 пацієнтів із цукровим діабетом 1-го типу, середній вік яких становив 29,1 року при середній тривалості захворювання 12,2 року та індексі маси тіла 23,8 кг/м². Друга група включала 21 пацієнта із цукровим діабетом 2-го типу, де середній вік пацієнтів був 55,2 року, тривалість хвороби — 8,4 року, а середній показник індексу маси тіла досягав 30,3 кг/м², що відповідає стадії ожиріння першого ступеня.

Аналіз ліпідного профілю продемонстрував суттєві відмінності в метаболічному статусі хворих. У групі пацієнтів із цукровим діабетом 2-го типу середній рівень загального холестерину становив 6,1 ммоль/л, що перевищує верхню межу фізіологічної норми та показники групи 1-го типу, де середнє значення становило 5,9 ммоль/л. Рівень ліпопротеїнів низької щільності, які є ключовими атерогенними частинками, у пацієнтів 2-го типу досягав 4,5 ммоль/л, тоді як при 1-му типі цей показник складав 3,8 ммоль/л. При цьому нормативні значення для ЛПНЩ зазвичай не мають перевищувати 3,0 ммоль/л, що свідчить про виражену дисліпідемію в обох групах, але з більшою інтенсивністю у пацієнтів 2-го типу.

Розрахунковий коефіцієнт атерогенності, який дозволяє оцінити баланс між атерогенними та антиатерогенними ліпопротеїнами, у групі 2-го типу становив 4,0, тоді як у групі 1-го типу — 2,9. Враховуючи, що оптимальне значення цього коефіцієнта для здорової людини має бути нижчим за 3,0, пацієнти з першим типом діабету перебувають на межі допустимих значень, тоді як у пацієнтів із другим типом діабету показник суттєво перевищує норму, вказуючи на високий ризик розвитку судинних ускладнень. Додатково було проаналізовано рівень тригліцеридів, який у пацієнтів 2-го типу сягав 1,95 ммоль/л, що також є вищим за норму, порівняно з 1,06 ммоль/л у групі 1-го типу. Коефіцієнт Рітіса, що відображає співвідношення АЛТ до АСТ, у пацієнтів обох груп становив близько 1,0, що знаходиться у межах фізіологічної норми та свідчить про відсутність виражених уражень печінкової тканини на фоні поточного метаболічного стану. Отримані дані підкреслюють, що при цукровому діабеті 2-го типу метаболічні порушення є глибшими та охоплюють ширший спектр ліпідних показників, що прямо корелює з вищими значеннями індексу маси тіла та віковими особливостями пацієнтів.

Висновок. У межах ретроспективного дослідження встановлено, що ліпідні порушення при цукровому діабеті 2-го типу є більш вираженими, ніж при 1-му типі. У пацієнтів із 2-м типом діабету рівні холестерину, ліпопротеїнів низької щільності та коефіцієнт атерогенності суттєво перевищують фізіологічні норми, що вказує на вищу схильність до раннього формування та прогресування атеросклерозу судин. Отримані дані підтверджують, що, незважаючи на прогрес у контролі традиційних факторів ризику, таких як дисліпідемія та гіпертензія, значний залишковий серцево-судинний ризик зберігається, що підкреслює необхідність інноваційних терапевтичних підходів.

Список використаних джерел

1. Guo H, Wu H, Li Z. (2023). The Pathogenesis of Diabetes. International journal of molecular sciences, 24(8), 6978. https://doi.org/10.3390/ijms24086978
2. Karakasis P, Theofilis P, Patoulias D, et al. (2025). Diabetes-Driven Atherosclerosis: Updated Mechanistic Insights and Novel Therapeutic Strategies. International journal of molecular sciences, 26(5), 2196. https://doi.org/10.3390/ijms26052196
3. Khan AW, Jandeleit-Dahm KAM. (2025). Atherosclerosis in diabetes mellitus: novel mechanisms and mechanism-based therapeutic approaches. Nature reviews. Cardiology, 22(7), 482-496. https://doi.org/10.1038/s41569-024-01115-w
4. Gaggini M, Gorini F, Vassalle C. (2022). Lipids in Atherosclerosis: Pathophysiology and the Role of Calculated Lipid Indices in Assessing Cardiovascular Risk in Patients with Hyperlipidemia. International journal of molecular sciences, 24(1), 75. https://doi.org/10.3390/ijms24010075
5. Wan H, Wu H, Wei Y, et al. (2025). Novel lipid profiles and atherosclerotic cardiovascular disease risk: insights from a latent profile analysis. Lipids in health and disease, 24(1), 71. https://doi.org/10.1186/s12944-025-02471-3
6. Liu Z, Zhang L, Wang L, et al. (2024). The predictive value of cumulative atherogenic index of plasma (AIP) for cardiovascular outcomes: a prospective community-based cohort study. Cardiovascular diabetology, 23(1), 264. https://doi.org/10.1186/s12933-024-02350-8

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.015.185-189

ПОКАЗАННЯ ТА ПРОТИПОКАЗАННЯ ДО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КОЛІННОГО СУГЛОБА

Веснін Володимир Вікторович
к.мед.н. доцент
Кафедра екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування
Мурашкіна Анна Олександрівна
здобувач вищої освіти третього
Кулик Денис Євгенович
здобувач вищої освіти третього
Медичний факультет
Харківський національний медичний університет, Україна

Анотація. Розглянуто основні показання та протипоказання до ендопротезування колінного суглоба. Проаналізовано хірургічні критерії вибору пацієнтів. Особливу увагу приділено стадіям дегенеративних захворювань та супутнім патологіям. Описано чинники, які виключають проведення операції. Визначено шляхи оптимізації відбору хворих для мінімізації післяопераційних ускладнень.

Ключові слова: ендопротезування; колінний суглоб; свідчення; протипоказання; гонартроз; остеоартрит; артропластика; хірургічне лікування; дегенеративні захворювання.

Введення. Ендопротезування колінного суглоба - це хірургічна операція із заміни зруйнованого суглоба штучним імплантатом [1]. Основна мета операції усунути сильний хронічний біль, який не проходить від ліків, відновити рухливість ноги та нормальну роботу суглоба, повернути людину до звичного активного життя без обмежень [2; 3].

Коли консервативні методи (ліки, уколи, фізіотерапія) більше не допомагають, призначається заміна суглоба [4]. Головна мета: усунути хронічний біль, який не знімається звичайними препаратами, і повністю відновити рухливість ноги [5].

Визначаючи показання до збереженої операції, науковці ділять зони ураження на чотири компоненти: кістку, нерви, судини, м'які тканини [8]. Якщо необхідно видалення трьох із чотирьох компонентів, залучених до пухлинного процесу, то операцію робити не слід [9].

Операція має бути адекватною наявному пухлинному ураженнюзло, розуміючи під адекватністю радикальність і абластичність, при яких максимально зберігається функція кінцівки, що визначає якість життя [8; 9].

Радикальність і збереження функції кінцівки можуть бути доступними шляхом видалення всього пухлинного вогнища, що при злоякісних пухлинах досягається заміщенням дефекту трьома способами ендопротезування [8]. Це однополюсне, субхондральне та тотальне модульне ендопротезування [9].

Мета. Дослідити основні показання та протипоказання до ендопротезування колінного суглоба.

Матеріали та методи. У роботі наведено аналіз лікування 68 хворих з доброякісними та злоякісними пухлинними ураженнями дистального відділу стегнової кістки (46), проксимального відділу великогомілкової кістки (22). Чоловіків було 36 (середній вік - 37,0±3,2 року), жінок - 32 (середній вік - 43,0±1,9 року) [8].

Хворих обстежили із застосуванням стандартних клінічних, лабораторних методів, рентгенографії ураженої кінцівки та легень, комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії колінного суглоба, трепано-або ножової біопсії з визначенням нозологічної форми пухлини, способу визначення ефективності регіонарної хіміотерапії та електрофізіомеханічних [8; 9].

За класифікацією TNM G (2002 року) пухлини розподілилися наступним чином: гігантоклітинна пухлина (доброякісний варіант; ДКО) - 19, гігантоклітинна пухлина (злоякісний варіант; ЗГКО) - 9, остеогенна саркома - 16, хондросаркома - 6, злоякісна фіброзна гістіоцитома (ЗФГЦ) - 3, синовіальна саркома - 4, липосаркома - 1, метастази раку - 8, кісткова кіста - 2 [8].

Результати дослідження та їх обговорення. Результати ендопротезування (функціональний та онкологічний) безпосередньо залежали від діагностики та визначення лікувальної тактики, які зумовили низку ускладнень (табл. 1) [8].

При однополюсному ендопротезуванні причиною інфекційних ускладнень (11,9 %) був дефіцит м'яких тканин для укриття ендопротезу, що в першу чергу було пов'язано з IV стадією поширення пухлини (ураження шкірно-фаціального клапотя) [8; 9].

У двох спостереженнях інфекційні ускладнення були зумовлені передопераційними втручанням (прихованою інфекцією) [8].

Два ускладнення індивідуального модульного ендопротезування слід пояснити інтенсивною передопераційною та променевою терапією, яка була продовжена у післяопераційному періоді [9].

Таблиця 1 - Спосіб ендопротезування [8]

Нозологія	Однополюсне	Субхондральне	Тотальне	Всього
ДКО	7	4	2	19
ЗГКО	2	5	-	9
Остеогенна	8	3	2	16
Хондро	3	-	3	6
ЗФГЦ	-	3	-	3
Синовіальна	1	3	-	4
Метастази	5	-	2	7
Кісткова кіста	-	-	2	2
Разом	24	18	12	53

В одному спостереженні тотального модульного ендопротезування утворився свищ у місці кріплення бічної зв'язки до метафізарного модуля. У хворого з тотальним ендопротезом колінного суглоба настав перелом ніжки стегнового модуля через технічні помилки його установки [8; 9]. Цим же обумовлена нестабільність одного однополюсного та одного тотального ендопротезів [8].

Контрактура у колінному суглобі (17 хворих) була обумовлена порушенням техніки встановлення імплантатів, рубцевими змінами шкірнофасціального клаптя. Дані ускладнення спричинили зниження функціонального (ортопедичного) результату ендо-протезування (табл. 2) [8; 9].

Збереження колінного суглоба після субхондрального ендопротезування зумовило більш високий функціональний результат порівняно з однополюсним та тотальним ендопротезуванням. Нижча оцінка при однополюсному ендопротезуванні пояснюється раннім розвитком артрозних змін у суглобі [8; 9].

Таблиця 2 - Ускладнення ендопротезування колінного суглоба [8]

Спосіб ендопротезування	Усього операцій	Ускладнення	Вихід
Однополюсні	42	5	33,2
Субхондральне	15	2	40,2
Тотальне	11	9,1	27,3
Разом	68	26,5	

Онкологічний результат ендопротезування залежав від розвитку віддалених метастазів, які не виявлялися перед операцією, а також рецидивів віддаленої пухлини у 20 пацієнтів, що у 18 випадках потребувало ампутації кінцівки. Після операції протягом двох і більше років жило 45 (66,2 %) хворих [8; 9].

Таблиця 3 - Оцінка функціонального результату за шкалою MSTS [10]

Термін обстеження	Спосіб ендопротезування		
	Однополюсне	Субхондральне	Тотальне
6 місяців	M ± т = 56,00 ± 1,04 n = 12;	M ± m = 78,00 ± 0,23 п = 8;	M ± т = 61,00 ± 0,32
12 місяців	M ± т = 59,00 ± 0,83 n = 9;	M ± m = 73,0 ± 0,2 п = 7;	M ± т = 66,00 ± 0,32
	P = 2%, задовільна	P = 0,4%, хороша	P < 0,1%, дуже висока

Аналіз результатів ендопротезування колінного суглоба трьома способами дозволив розробити лікувальну тактику, що включає показання та протипоказання до такого виду операції при пухлинному ураженні кісток, що утворюють колінний суглоб [8; 9].

Виконання даного алгоритму дозволить поліпшити ортопедичний і онкологічний результат ендопротезування колінного суглоба при пухлинному ураженні кісток, що утворюють його [8].

Висновки. Таким чином, ендопротезування колінного суглоба - це ефективний і часто єдиний спосіб відновити рухливість і позбутися болю при тяжких руйнуваннях суглоба [1; 6].

При ендопротезуванні колінного суглоба операція призначається при гонартрозі 3-4 ступеня, ревматоїдному артриті, знижує якість лікування, несприятливе травмування і некрозі [2; 6; 7]. Процедура виправдана тоді, коли біль заважає спати, ходити і обслуговувати себе, а суглоб повністю втрачає функцію. небезпечних ускладнень [3; 7].

Рішення про заміну суглоба завжди приймається індивідуально [4]. Лікар зіставляє ступінь руйнування суглоба, вік, супутні хвороби та користь від майбутнього руху з ризиками операції [5].

Список використаних джерел

1. Коваленко В.М. Ревматологія в Україні: підсумки та перспективи / В.М. Коваленко // Укр. ревматол. журн. - 2005. -№ 3 (21). - С. 3-11.
2. Ревматоїдне ураження колінного суглоба. Бібліотека практикуючого лікаря/С.І. Герасименко, Є.Т. Скляренка, М.В. Полулях [та ін.]. - Київ, 2004. – 140 с.
3. Gaveda K. Function of patellofemoral joints after total knee replasment with polyethylene patellar articular surface in osteoarthritis and rheumatoid arthritis / K. Gaveda, M. Jablonsky// Journal of Orthopaedics and Traumatology. - 2000. - V. 1, № 2. - P. 79–82.
4. Joseph J. Preliminary results of Miller-Galante uncemented to- tal knee arthroplasty / J. Joseph, E.E. Kaufman // Int. Orthop. - 1990. - V. 13, №5. - P. 511-516.

5. Keblish P.A. The lateral approach for total knee arthroplasty / P.A. Keblish // J. Knee Surg. - 2003. - V. 16. - P. 62–68.
6. Total Knee Arthroplasty in Juvenile Rheumatoid Arthritis / D.H. Palmer, K.J. Mulhall, C.A. Thompson [et al.] // J. Bone Jt. Surgery. - 2005. - V. 87-A. - P. 1510-1514.
7. Radmer S. Totalendoprothetischer Kniegelenkersatz mit dem Rotating Hinge Knee bei Patienten mit Rheumatoider Arthritis / S. Radmer, R. Andresen, M. Sparmann // Akt Rheumatol. -2007. - V. 32. - S. 34-39.
8. Вирва О. Є. Реконструктивно-відновлювальне лікування хворих з пухлинними ураженнями кісток колінного суглоба / О. Є. Вирва // Ортопедия, травматология и протезирование. - 2011. - № 2. - С. 40-46.
9. Вирва О. Є. Ендопротезування суглобів у хворих на пухлини кісток кінцівок / О. Є. Вирва // Ортопедия, травматология и протезирование. - 2010. - № 3. - С. 82-87.
10. Enneking W. F. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system / W. F. Enneking [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. - 1993. - Vol. 286. - P. 241-246.

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО МОТИВАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Князькова Валентина
к.е.н., доцент
Церковна Альона
к.е.н., доцент
Вербанов Анатолій
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Посайда Вадим
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Кафедра менеджменту охорони здоров'я та психології
Одеський національний медичний університет, Україна

Анотація. Розглянуто ключові принципи, покладені в основу формування ефективного мотиваційного механізму медичного персоналу, спрямованого на справедливу оплату праці в нестандартних умовах воєнного стану та соціально-економічної нестабільності.

Ключові слова: медицина, мотивація медичного персоналу, принципи мотиваційного механізму, медичні кадри.

Введення. В умовах воєнного стану та тривалих бойових дій формування ефективної системи мотивації медичного персоналу набуває особливої актуальності. Поглиблення міграційних процесів призводить до того, що частина українських медичних працівників надає перевагу працевлаштуванню за кордоном через прагнення до безпеки, стабільності та кращих професійних перспектив. Це ускладнює для вітчизняних закладів охорони здоров'я як залучення нових фахівців, так і збереження наявного кадрового потенціалу.

Мета та задачі дослідження. Означити принципи мотиваційного механізму медичного персоналу з урахуванням специфічних умов медичної діяльності, безпекових викликів воєнного періоду, трансформації соціально-економічного середовища та довгострокових пріоритетів розвитку закладу охорони здоров'я.

Результати дослідження і їх обговорення. Військові ризики супроводжуються підвищеним психологічним і професійним навантаженням, що безпосередньо впливає на трудову мотивацію медичних працівників. Тому перед керівництвом закладів охорони здоров'я постає завдання створення умов, здатних підтримувати зацікавленість персоналу в подальшій роботі та сприяти його утриманню. Це потребує вдосконалення кадрової політики, запровадження матеріальних і нематеріальних стимулів, підтримки професійного розвитку та врахування реальних потреб працівників. Комплексний підхід до мотивації дозволить зміцнити кадрову стабільність і забезпечити ефективне функціонування медичної системи в умовах постійних викликів.

Сучасний мотиваційний механізм медичного персоналу має формуватися на основі взаємопов'язаних принципів, які враховують специфіку медичної праці, воєнні ризики, соціально-економічні зміни та стратегічні потреби закладу охорони здоров'я. Дотримання таких принципів спрямоване на підвищення трудової зацікавленості працівників, збереження кадрового потенціалу, покращення якості медичної допомоги та забезпечення стійкості функціонування закладу. До основних принципів формування такого механізму доцільно віднести десять взаємопов'язаних положень:

– безпека та соціальна захищеність медичних працівників;

– справедливість і прозорість оплати праці;

– диференціація винагороди залежно від кваліфікації, складності та результативності роботи;

– стимулювання якості та безпеки медичної допомоги;

– врахування професійного навантаження та особливостей роботи в умовах воєнного стану;

– поєднання матеріальних і нематеріальних стимулів;

– підтримка професійного розвитку та безперервного навчання;

– визнання професійних досягнень і внеску працівника в діяльність закладу;

– формування сприятливого психологічного клімату та підтримка командної роботи;

– гнучкість мотиваційної системи та її адаптація до змін зовнішнього

середовища.

Одним із ключових принципів мотиваційного механізму медичного персоналу є принцип безпеки та соціальної захищеності. Його важливість зумовлена особливостями роботи медичних працівників, які часто вимушені виконувати свої професійні обов'язки в умовах підвищених ризиків, значного фізичного навантаження та високого емоційного напруження. Тому мотиваційна система має передбачати не лише надійні та безпечні умови праці, а й дієві соціальні гарантії, додаткові компенсаційні виплати за виконання роботи у складних або небезпечних умовах, а також організаційну й психологічну підтримку у кризових ситуаціях. Впевненість працівника у власній захищеності з боку роботодавця сприяє формуванню надійнішої стабільності трудових відносин, збереженню кваліфікованих медичних кадрів та відповідальному ставленню до виконання професійних обов'язків [1, с. 140].

Не менш важливим є принцип справедливості та прозорості оплати праці. Для медичного персоналу важливо розумітися в порядку визначення розміру основної заробітної плати, премій, доплат та інших видів матеріального заохочення. Система винагородження повинна бути зрозумілою для працівників і враховувати їхню освіту та кваліфікацію, займану посаду, складність і відповідальність виконуваної роботи, обсяг професійного навантаження та характер медичних процедур. Відкритість критеріїв нарахування винагород та розуміння порядку їх застосування зменшує ймовірність виникнення відчуття нерівності між працівниками, сприяє запобіганню конфліктним ситуаціям та зміцнює довіру до управлінських рішень керівництва.

Важливою складовою ефективного мотиваційного механізму виступає принцип диференціації винагороди відповідно до результатів професійної діяльності. Використання однакових підходів до матеріального заохочення працівників з різним рівнем кваліфікації, напруженості праці та результативності суттєво обмежує мотиваційний потенціал системи оплати праці. У закладі охорони здоров'я під час визначення розміру винагороди доцільно враховувати не тільки обсяг виконаної роботи, а й її складність та якість її надання, рівень професійної відповідальності, участь у лікуванні складних випадків, виконання додаткових функцій, наставництво молодих спеціалістів, участь у професійних та організаційних заходах. Така розгорнута диференціація дозволяє більш об'єктивно відобразити внесок кожного працівника у загальні результати діяльності закладу [2].

Окрему увагу необхідно приділяти принципу орієнтації мотивації на якість і безпеку медичної допомоги. Використання лише кількісних показників, таких як кількість прийомів, процедур або проведених операцій, не завжди дає можливість адекватно оцінити реальний результат роботи медичного працівника. Значно важливішим є формування таких важелів, які стимулюють до дотримання клінічних протоколів і стандартів медичної допомоги, вимог інфекційного контролю, правил професійної етики та принципів безпеки пацієнтів. Очевидно, що матеріальне заохочення має бути пов'язане не просто з

обсягом виконаної роботи, а передусім із її якісними характеристиками та кінцевим результатом для пацієнта [3, с. 128]. Такий підхід сприяє підвищенню професійної відповідальності медичного персоналу та формуванню в нього орієнтації на безпечне й якісне надання медичної допомоги.

Принцип урахування професійного навантаження дозволяє гідно оцінити напруженість роботи медичних працівників, праця яких характеризується нерівномірністю навантаження, чергуваннями, понаднормовою роботою, високою концентрацією уваги та необхідністю швидкого прийняття відповідальних рішень. Тому система мотивації має враховувати фактичний обсяг і складність роботи. Додаткові стимули можуть застосовуватися за підвищене навантаження, роботу у вечірній та нічний час, чергування, виконання додаткових функцій та роботу в складних умовах, особливо під час воєнного стану [4].

Принцип поєднання матеріальної та нематеріальної мотивації є надзвичайно актуальним для задоволення професійних, соціальних і особистісних потреб медичного персоналу, підвищення його зацікавленості в результатах праці та формування стійкої прихильності до медичного закладу. Лише підвищення заробітної плати для медичного персоналу не завжди є достатнім стимулом до довгострокової професійної залученості. Важливу роль в цьому відіграють професійне визнання, можливості навчання, участь у конференціях і тренінгах, кар'єрне зростання, залучення до професійних проєктів та позитивна оцінка результатів роботи. Поєднання фінансових і нефінансових стимулів відповідає сучасному підходу Total Rewards, у межах якого винагорода розглядається комплексно.

Важливою умовою якісної роботи медичного працівника є постійне оновлення професійних знань і практичних умінь. Розвиток новітніх медичних технологій відбувається досить швидко, з'являються нові методи діагностики, лікування та організації медичної допомоги, тому отримані раніше знання потребують регулярного доповнення. У зв'язку з цим одним із важливих принципів мотивації є підтримка професійного розвитку та безперервного навчання. Мотиваційні інструменти мають заохочувати працівників до підвищення кваліфікації, участі у професійних тренінгах, конференціях, семінарах, опанування нових технологій і сучасних підходів до лікування. Інвестування закладу охорони здоров'я у професійне навчання персоналу є одночасно внеском у розвиток самого працівника та підвищення якості й конкурентоспроможності медичних послуг.

Важливе місце в системі мотивації займає принцип визнання професійних досягнень. Робота медичного працівника не завжди може бути повністю оцінена за допомогою кількісних показників, оскільки значна частина професійного внеску пов'язана з відповідальністю, досвідом, прийняттям складних клінічних рішень та індивідуальною роботою з пацієнтом. Тому поряд із матеріальним заохоченням доцільно використовувати нематеріальні форми визнання: подяки від керівництва, відзначення професійних результатів, нагородження, рекомендації для участі у професійних заходах або призначення на посади з

більшим рівнем відповідальності. Розуміння того, що результати роботи помічають і належно оцінюють, позитивно впливає на професійну самооцінку працівника, його зацікавленість у подальшій діяльності та ставлення до закладу охорони здоров'я [5, с. 553].

Окремим напрямом мотиваційної політики має бути формування сприятливого психологічного клімату та підтримка командної взаємодії. Надання медичної допомоги є результатом комплексної спільної роботи різних категорій персоналу, зокрема лікарів, медичних сестер, молодших медичних працівників та адміністративного персоналу. Від узгодженості їхніх дій, якості комунікації та взаємної підтримки значною мірою залежить безперервність лікувально-діагностичного процесу і безпека пацієнта. Тому мотиваційна система повинна сприяти розвитку взаємоповаги, відповідального ставлення до спільного результату, конструктивної комунікації та взаємодопомоги [6, с. 535]. Сприятливі відносини в колективі, своєю чергою, знижують напруженість у роботі та створюють умови для більш ефективного виконання професійних завдань.

Необхідною характеристикою сучасної системи мотивації є гнучкість та здатність адаптуватися до змін. Наявність ризиків в умовах воєнного стану, економічні труднощі, зміни у фінансуванні медичних закладів, кадровий дефіцит та невизначеність потреб населення безпосередньо впливають на організацію роботи медичного персоналу. За таких обставин мотиваційний механізм не може бути раз і назавжди визначеною системою, оскільки його ефективність залежить від відповідності реальним умовам діяльності. Тому керівництву доцільно періодично оцінювати результативність застосовуваних стимулів, переглядати критерії преміювання, структуру винагород та соціальні заходи з урахуванням фактичного навантаження працівників, фінансових можливостей закладу та їхніх актуальних потреб. Такий підхід дозволяє підтримувати дієвість мотиваційного механізму навіть за істотних змін зовнішнього середовища.

Висновки. Ефективна мотивація медичного персоналу передбачає поєднання матеріальних і нематеріальних стимулів та врахування широкого спектра професійних потреб працівників. Вона має охоплювати належний рівень оплати праці, соціальний захист, можливості професійного розвитку, визнання результатів діяльності, сприятливі умови праці та перспективи професійного зростання. Специфіка сфери охорони здоров'я полягає в тому, що інтереси працівника безпосередньо пов'язані з інтересами пацієнта та результатами роботи медичного закладу. Саме тому мотиваційний механізм повинен орієнтувати персонал не лише на збільшення обсягу виконаних завдань, а насамперед на якість медичної допомоги, дотримання принципів безпеки, професійну відповідальність і максимально повне задоволення потреб пацієнтів.

Список використаних джерел

1. Hoar Habrelian (2020). Legal Protection of Medical Personnel During Armed Conflicts. Social and Legal Studios, 3(1), 139-145. https://doi.org/10.32518/2617-4162-2020-1-139-145

2. Самокіщук, Р. (2025). Моделі мотивації медичних працівників у сучасних умовах. Економіка та суспільство, (78). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-147
3. Romanenko, S., Marchuk, I., Zharlinska, R. (2025). Стратегії покращення мотивації медичного персоналу в державних медичних установах. Інвестиції: практика та досвід, 5, 125–132. https://doi.org/10.32702/2306-6814.2025.5.125
4. Мамзуров, М. Сучасні методи матеріальної та нематеріальної мотивації праці персоналу. https://ur.knute.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bf0d428e-6a02-4941-b14f-6c383c56b16e/content
5. Князькова, В., Рудінська, О. (2023). Формування професійної культури фахівців у медичній галузі. Забезпечення якості освіти у вищій медичній школі. Матеріали Науково-методичної міжуніверситетської конференції з міжнародною участю. Одеський національний медичний університет. м. Одеса, 18-20.01.2023, 551-554. https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/13302/Rudinska.pdf?sequence=1
6. Yakubenko, D. (2025). Оцінка елементів мотиваційного механізму управління персоналом у медичних закладах. Економічний аналіз , 35(3), 530–537. https://doi.org/10.35774/econa2025.03.530

ЗАГАЛЬНА АНЕСТЕЗІЯ ТА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ: МІФИ ПРОТИ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ

Чуприна Марія Валеріївна
здобувач вищої освіти
Лантухова Наталія Дмитрівна
к.мед.н., доцент
Кафедра екстреної та невідкладної медичної допомоги,
ортопедії, травматології та протезування
Харківський національний медичний університет, Україна

Вступ. Сучасну медицину складно уявити без анестезіології. Останню традиційно пов’язують із хірургічними спеціальностями. Необхідність забезпечення безболісного розсікання тканин пацієнта стало ключовим фактором становлення та розвитку анестезіології як науки. Сьогодні вона давно вийшла за межі операційної і стала основною складовою періопераційної медицини. [1] Її стали застосовувати як у діагностичних, так і терапевтичних процедурах. [2] Тому, анестезіологічне забезпечення – це не просто про знеболення під час операції, це комплексна спеціальність, яка спрямована на контроль за болем, свідомістю та життєво важливими функціями організму. Поряд з цим у суспільстві побутує думка, що «наркоз» нібито скорочує життя. Часто це пов’язують з побічною дією анестетиків на органи серцево-судинної

системи (ССС) та центральної нервової системи (ЦНС). [3] Тож це питання потребує дослідження та розмежування реальних ризиків після загальної анестезії та поширених у суспільстві міфів.

Матеріали та методи. Даний огляд ґрунтується на аналізі літературних джерел та медичної бази даних PubMed.

Основна частина. Важливий внесок в розвиток анестезіології зробив М.І. Пирогов. Він не тільки застосовував ефірний наркоз, а й досліджував його вплив на організм хворого. Особливу увагу Пирогов приділяв вивченню впливу наркозу на нервову систему, спостерігаючи за здоровими і хворими людьми. Так, він одним із перших удосконалив техніку проведення інгаляційного наркозу. [4] Таким чином, уже на ранніх етапах розвитку анестезіології, вчених-лікарів цікавило не тільки досягнення втрати свідомості і больових відчуттів, а ще і безпечність методу.

Сучасна анестезіологія суттєво відрізняється від «ефірного наркозу Пирогова». Загальні анестетики діють на ЦНС через різні структури-мішені. Наприклад, дія на Глутаматергічну та ГАМК-ергічну системи змінює синаптичну активність і функціональний стан нейрональних мереж. [3] Саме ці механізми стали підгрунтям для припущень про можливий довготривалий вплив загальної анестезії на пам’ять та когнітивні функції. Але сучасні дані не дають підстав стверджувати, що одноразове використання наркозу призводить до нейротоксичності. Навпаки, нейрокогнітивні наслідки значною мірою залежали від віку пацієнта, виду оперативного втручання, коморбідної нозології та індивідуальної вразливості хворого. [3]

Показовими є результати великих рандомізованих досліджень. Одне з таких, проводилося за участю 1228 пацієнтів, віком 65-90 років, яким виконували оперативне втручання внаслідок онкології. Наприкінці спостереження (медіана 43 місяця) було зареєстровано 188 смертей серед 598 пацієнтів (31%) у групі пропофолу та 175 смертей серед 597 пацієнтів (29%) у групі севофлурану. Статистичної різниці між групами не було виявлено. Отже, навіть за тривалого спостереження вибір між двома поширеними методами загальної анестезії не продемонстрував достовірності у впливі на тривалість життя. [5]

Водночас питання безпеки використання окремих анестетиків залишається дискусійним. Метааналіз 252 рандомізованих досліджень, що охопив 30 757 пацієнтів показав наступне. Авторами було виявлено насторожуючий факт, що у групі пропофолу смертність була вищою, ніж у групі порівняння (760/14 754 [5,2%] проти 682/16 003 [4,3%]). Вища летальність була підтверджена в групах кардіохірургічних пацієнтів. Отримані результати не можуть свідчити як доказ того, що пропофол є причиною післяопераційної смертності. Цей факт варто брати до уваги при проведенні багатоцентрових контрольованих досліджень.[6]

Заслуговує уваги також вплив анестезії на ССС. Під час загальної анестезії може змінюватись артеріальний тиск (АТ) та системна гемодинаміка. Метааналіз 10 рандомізованих досліджень серед 9359 пацієнтів продемонстрував, що цільовий середній АТ під час оперативного втручання ≤60 мм рт. ст. не

пов'язаний зі збільшенням смертності. Тобто наявність гемодинамічних змін під час наркозу не розглядається як причина скорочення життя. [7]

Висновки. Аналіз джерел показав, що загальна анестезія сама по собі не скорочує життя. Водночас треба відповідально підходити до вибору анестетика, враховуючи вік, загальний стан та коморбідну назологію пацієнта. Отже, «наркоз» не варто розглядати як самостійну причину скорочення життя.

Список використаних джерел

1. Dean HF, Carter F, Francis NK. Modern perioperative medicine – past, present, and future. 2019. 4(4): 123–131. DOI: 10.1515/iss-2019-0014
2. Youn AM, Ko YK, Kim YH. Anesthesia and sedation outside of the operating room. Korean Journal of Anesthesiology. 2015;68(4):323–331. DOI: 10.4097/kjae.2015.68.4.323
3. Platholi J, Hemmings HC Jr. Effects of General Anesthetics on Synaptic Transmission and Plasticity. Current Neuropharmacology. 2022;20(1):27–54. DOI: 10.2174/1570159X19666210803105232
4. Лоскутов О. А., Бондар М. В., Марков Ю. І., Болюк М. В., Єфименко Р. А. Розвиток анестезіології в Україні: шлях від мистецтва до науки. Медицина невідкладних станів. 2019. № 2 (97). С. 150–154. DOI: 10.22141/2224-0586.2.97.2019.161657
5. Cao, S.-J., Zhang, Y., Zhang, Y.-X., Zhao, W., Pan, L.-H., Sun, X.-D., Jia, Z., Ouyang, W., Ye, Q.-S., Zhang, F.-X., Guo, Y.-Q., Ai, Y.-Q., Zhao, B.-J., Yu, J.-B., Liu, Z.-H., Yin, N., Li, X.-Y., Ma, J.-H., Li, H.-J., … Wang, D.-X. (2023). Long-term survival in older patients given propofol or sevoflurane anaesthesia for major cancer surgery: follow-up of a multicentre randomised trial. British Journal of Anaesthesia. 2023. 131(2): 266-275. DOI: 10.1016/j.bja.2023.01.023
6. Kotani, Y., Pruna, A., Turi, S., Borghi, G., Lee, T. C., Zangrillo, A., Landoni, G., & Pasin, L. (2023). Propofol and survival: An updated meta-analysis of randomized clinical trials. Critical Care, 27, 139. DOI: 10.1186/s13054-023-04431-8
7. D'Amico, F., Fominskiy, E. V., Turi, S., Pruna, A., Fresilli, S., Triulzi, M., Zangrillo, A., & Landoni, G. (2023). Intraoperative hypotension and postoperative outcomes: A meta-analysis of randomised trials. British Journal of Anaesthesia, 131(5), 823–831. DOI: 10.1016/j.bja.2023.08.026

Section: Military Affairs and National Security

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМ ПЕРСОНАЛОМ НА ОСНОВІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ (COMPETENCY-BASED MANAGEMENT)

Дідіченко Володимир
к.в.н., с.н.с.
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
Україна

Сучасний характер воєнних конфліктів, швидке впровадження цифрових технологій, поширення безпілотних та роботизованих систем, розвиток штучного інтелекту, кібернетичних засобів і мережево-центричних способів ведення бойових дій істотно змінюють вимоги до військового персоналу. Відповідно, змінюються і вимоги до системи управління ним.

У традиційній моделі кадрового менеджменту військовослужбовець переважно розглядається як елемент штатної структури. Основними критеріями кадрових рішень виступають військове звання, посада, освіта, вислуга років, результати атестації та відповідність формальним кваліфікаційним вимогам. Такий підхід забезпечує адміністративну керованість, однак недостатньо враховує реальні професійні можливості конкретної особи, накопичений досвід, здатність діяти в нестандартних ситуаціях, цифрові навички, лідерський потенціал та здатність до подальшого розвитку.

У сучасних умовах принципово важливим стає питання не лише кількості військовослужбовців, а й відповідності їхніх компетентностей завданням, які вони виконують. Саме тому одним із перспективних напрямів трансформації військового кадрового менеджменту є перехід до компетентнісної моделі управління – Competency-Based Management (CBM).

Компетентнісний підхід передбачає визначення набору знань, навичок, здібностей та поведінкових характеристик, необхідних для ефективного виконання певної професійної ролі. Дослідження у сфері competency modeling свідчать, що компетентнісні моделі можуть бути основою не лише відбору персоналу, а й оцінювання, професійного розвитку, планування кар'єри та управління результативністю [1].

Для військової організації це означає необхідність переходу від логіки "військовослужбовець → штатна посада" до логіки "компетентності → функція → завдання → результат".

Компетентнісний підхід не заперечує значення військового звання, освіти, досвіду або посади. Його сутність полягає в тому, що зазначені характеристики

доповнюються оцінюванням реальної здатності військовослужбовця виконувати визначені функції.

Компетентність доцільно розглядати як інтегровану характеристику, яка поєднує професійні знання, практичні навички, здатність застосовувати їх у конкретній ситуації та відповідні поведінкові характеристики.

Для військового персоналу можна виділити такі основні групи компетентностей:

військово-професійні;
управлінські;
лідерські;
комунікативні;
цифрові та технологічні;
аналітичні й когнітивні;
організаційні;
адаптивні та поведінкові.

Співвідношення цих компетентностей має залежати від конкретної військової професії та рівня управління.

Компетентнісний підхід дозволяє пов'язувати поведінку військового лідера з місією, стандартами та очікуваннями організації, а також використовувати компетентності для оцінювання результативності, професійного розвитку, відбору та планування кар'єри [2].

Отже, компетентнісна модель повинна бути не окремим кадровим інструментом, а основою інтегрованої системи управління військовим персоналом.

Запровадження Competency-Based Management передбачає зміну підходів до всіх основних етапів життєвого циклу військовослужбовця.

На етапі відбору необхідно оцінювати не лише формальну відповідність кандидата вимогам посади, а й реальний набір компетентностей та потенціал їх розвитку.

На етапі призначення доцільно використовувати принцип відповідності компетентностей конкретним функціональним вимогам посади.

На етапі оцінювання необхідно визначати не тільки виконання формальних обов'язків, а й рівень сформованості професійних, управлінських, лідерських та інших компетентностей.

На етапі професійного розвитку навчальні заходи повинні бути спрямовані на усунення конкретного дефіциту компетентностей.

На етапі кар'єрного розвитку рішення мають ґрунтуватися на досягнутому рівні компетентностей, результативності та потенціалі подальшого професійного зростання.

Таким чином, замість традиційної послідовності "відбір → призначення → атестація → просування" формується безперервний цикл:

визначення вимог → оцінювання компетентностей → призначення → виконання завдань → оцінювання результатів → розвиток → наступне призначення.

Такий підхід дозволяє зробити кадрову систему більш адаптивною та орієнтованою на результат.

Особливо важливим є формування компетентнісного профілю військової посади. Він має визначати не лише перелік формальних кваліфікаційних вимог, а й компетентності, необхідні для ефективного виконання відповідних завдань.

Для кожної посади доцільно визначати:

базові компетентності;

критичні компетентності;

бажані компетентності;

необхідний рівень їх сформованості;

можливості розвитку;

поведінкові індикатори результативності.

Це створює основу для переходу від адміністративного комплектування посад до управління відповідністю компетентностей потребам військової організації.

Важливою умовою реалізації Competency-Based Management є цифровізація кадрових процесів. Перспективним є створення цифрового профілю компетентностей військовослужбовця, який повинен містити інформацію про професійні навички, результати навчання, сертифікацію, досвід виконання завдань, рівень цифрової підготовки, управлінські та лідерські характеристики, результати оцінювання і професійний потенціал.

Наступним елементом може стати застосування алгоритмів Smart Matching, які забезпечуватимуть автоматизоване порівняння профілю військовослужбовця з вимогами конкретних посад.

У результаті кадровий орган отримуватиме можливість визначати не лише перелік військовослужбовців, які формально відповідають посаді, а й ступінь їх фактичної відповідності [3].

Таким чином, цифровізація створює передумови для переходу від централізованого адміністративного розподілу персоналу до управління військовими талантами на основі даних.

Однією з найбільш складних проблем Competency-Based Management є об’єктивне оцінювання компетентностей.

Недостатньо встановити перелік необхідних компетентностей. Необхідно визначити критерії та індикатори, за допомогою яких можна встановити фактичний рівень їх сформованості.

Для цього доцільно поєднувати декілька джерел інформації:

результати професійного тестування;

оцінювання безпосереднім командиром;

оцінювання практичної діяльності;

результати навчання;

аналіз виконаних завдань;

самооцінювання;

результати командної взаємодії.

Перспективною є модель, у якій компетентність визначається через поєднання знань, практичних навичок, поведінки та фактичної результативності.

Це також дозволяє пов'язати систему оцінювання із системою професійного розвитку. Якщо оцінювання виявляє дефіцит певної компетентності, система повинна автоматично формувати рекомендації щодо відповідної підготовки.

Ще одним важливим напрямом трансформації є зміна логіки військової кар'єри.

Лінійна кар'єрна модель, за якої просування значною мірою залежить від вислуги та послідовного проходження посад, поступово доповнюється моделлю, орієнтованою на компетентності, результативність і потенціал.

Компетентнісна модель не може бути статичною. Вона повинна регулярно переглядатися відповідно до змін у технологіях, доктринах, структурі сил та характері бойових завдань.

Це відповідає загальному напряму трансформації НАТО, де розвиток майбутніх військових спроможностей пов'язується із новими технологіями, інноваціями, підготовкою та розвитком персоналу [4].

Для Збройних Сил України доцільно формувати інтегровану систему компетентнісного управління, яка включатиме п'ять взаємопов'язаних компонентів:

1. Єдина архітектура компетентностей: формування систематизованого переліку професійних, управлінських, лідерських, цифрових, когнітивних та інших компетентностей.

2. Компетентнісні профілі посад: визначення конкретних компетентностей та рівнів їх сформованості, необхідних для кожної категорії посад.

3. Цифровий профіль військовослужбовця: формування динамічного масиву даних про професійний досвід, освіту, навички, результати оцінювання та потенціал.

4. Smart Matching: автоматизований пошук найбільш відповідного військовослужбовця для конкретної посади або завдання.

5. Безперервний розвиток: поєднання оцінювання, професійної освіти, практичного досвіду та кар'єрного планування.

Результатом функціонування такої системи має стати перехід від управління штатною чисельністю до управління компетентнісним потенціалом військової організації.

Отже, стратегічний напрям трансформації можна визначити як перехід від кадрового адміністрування до управління компетентностями, талантами та людським потенціалом.

Список використаних джерел

1. Campion, M. A., Fink, A. A., Ruggeberg, B. J., Carr, L., Phillips, G. M., & Odman, R. B. (2011). Doing competencies well: Best practices in competency modeling. Personnel Psychology, 64(1), 225–262. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2010.01207.x

2. NATO. (2024). Leadership and ethics: Module 4.1.3 Military Leader Competencies. NATO Defence Education Enhancement Programme. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240719-deep-leadership-ethics-curr.pdf
3. U.S. Army. (2019). Army releases new Talent Alignment Process video. https://www.army.mil/article/226576/army_releases_new_talent_alignment_process_video
4. NATO Allied Command Transformation. (2024). Allied Command Transformation. https://www.nato.int/en/about-us/organization/nato-structure/allied-command-transformation
5. McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence." American Psychologist, 28(1), 1–14. https://doi.org/10.1037/h0034092
6. Bartram, D. (2005). The great eight competencies: A criterion-centric approach to validation. Journal of Applied Psychology, 90(6), 1185–1203. https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.6.1185

CRITICAL THINKING AS A COMPONENT OF THE PROFESSIONAL COMPETENCE OF A MILITARY SPECIALIST

Bilash Oksana
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Sorokatyi Mykola
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Nahornyi Maksym
Senior Instructor
Hetman Petro Sahaidachnyi
National Army Academy
Lviv, Ukraine

Abstract. The article investigates critical thinking as an important component of the professional competence of the modern military specialist. The importance of critical thinking for analyzing and evaluating information, identifying contradictions, developing alternative courses of action, assessing risks, and making well-informed decisions under conditions of uncertainty is substantiated. The main stages of the critical thinking process in the professional activity of a military specialist are identified: information gathering, analysis, verification of information reliability, comparison of alternatives, risk assessment, argumentation, decision-making, and reflection. The role of critical thinking in countering information manipulation, disinformation, and propaganda is highlighted. The main methods of developing critical thinking in military education are analyzed, and the requirements for organizing

the relevant educational process are identified. Criteria for assessing the development of critical thinking among future military specialists are proposed.

Keywords: critical thinking, professional competence, military education, decision-making, uncertainty, risk assessment, information security.

Introduction. A modern military specialist must possess a comprehensive body of professional knowledge, well-developed practical skills, and the ability to critically evaluate information, assess its reliability, identify contradictions, compare alternatives, anticipate the consequences of possible decisions, and revise their judgments in light of new evidence. In military education, critical thinking should be regarded as an important personal characteristic that enables the effective application of other professional competencies of a military specialist.

Critical thinking is a complex intellectual process aimed at the purposeful and self-regulated formation of judgments about what to believe and how to act appropriately. Contemporary approaches to critical thinking place particular emphasis on analysis, interpretation, inference, evaluation, explanation, and self-regulation [1]. The essence of critical thinking lies in the ability to evaluate information and one's own judgments in a reasoned manner, examine assumptions, consider alternative explanations, and make decisions based on sufficient evidence and sound arguments. In its educational materials, NATO identifies critical thinking as an important component of strategic thinking and the military profession.

Aim and objectives of the study. The aim of the study is to substantiate the importance of critical thinking as a component of the professional competence of a military specialist and to identify the main approaches to its development and assessment in military education. To achieve this aim, the following objectives were established: to clarify the essence of critical thinking and its significance for the professional activity of a military specialist; to identify the main stages of critical thinking when working with professional information; to analyze the role of critical thinking in decision-making under conditions of uncertainty and information overload; to substantiate the main methods for developing critical thinking among future military specialists; to identify criteria for assessing the development of critical thinking.

Results of the study and their discussion. The process of critical thinking in professional activity can be presented as a sequence of interrelated stages: information gathering, analysis, verification of information reliability, comparison of alternatives, risk assessment, argumentation, well-informed decision-making, and reflection. One of the key challenges of contemporary military professional activity is information overload, which makes it difficult to distinguish essential information, leads to time loss, and may create an illusion of being sufficiently informed.

A military specialist must be able to identify information needs; distinguish secondary information from essential information; establish the priority of information sources; structure large volumes of data; identify key trends and patterns; distinguish facts from assumptions; identify information gaps; and determine what information is lacking for making an informed decision. The ability to work with information from different sources is particularly important. When several sources provide conflicting

information about the same situation, critical thinking requires the assessment of the arguments, origin, and reliability of each source. Research on critical thinking among military leaders demonstrates its importance for information analysis, the identification of threats and opportunities, adaptation to rapidly changing conditions, and improving the quality of decision-making.

It should be noted that the information available to military specialists is not always complete, accurate, or consistent. Therefore, it is necessary to assess the level of uncertainty and make decisions while taking existing limitations into account. Working with conflicting information involves determining which facts have been confirmed; identifying contradictions between sources; formulating alternative hypotheses; determining what information is missing; assessing the probability of different scenarios; determining the consequences of potential errors; and selecting a course of action based on an acceptable level of risk. The function of critical thinking is to make the decision-making process as well-founded as possible under the circumstances.

Under conditions of uncertainty, critical thinking is closely related to the professional ability to make decisions. A military specialist must not only determine what is known but also recognize the limits of their own knowledge. An important characteristic of a critical thinker is the willingness to question their own assumptions. Even when a particular interpretation of a situation appears obvious, alternative explanations should be considered and verified.

The information environment of modern warfare is not only a space for transmitting information but also a means of deliberately influencing people's perceptions, assessments, and decisions. Therefore, critical thinking becomes one of the means of countering information manipulation. Research on the critical thinking of operational-level officers in countering information warfare emphasizes the need to rapidly analyze large volumes of information, identify disinformation and propaganda, and distinguish reliable information from manipulative messages.

Effective methods for developing critical thinking in military education include professional case analysis, problem-based learning, situational tasks, debates and discussions, analysis of alternatives, command-and-staff exercises, simulation of professional situations, work with conflicting sources, analysis of information messages, research assignments, and reflective analysis of decisions made.

The analysis conducted made it possible to identify the main requirements for developing critical thinking among future military specialists. It should be developed systematically; be problem-oriented and involve working with professional problems for which there is not always a single obvious answer; ensure exposure to diverse information sources; involve educational tasks that are as close as possible to the real professional environment; combine decision-making with risk assessment; and develop the ability to verify the results of one’s work.

The assessment of critical thinking should be based on the following main criteria: information criterion – the ability to find and select relevant information; analytical criterion – the ability to establish relationships, identify contradictions, and distinguish

facts from assumptions; evaluative criterion – the ability to determine the reliability of sources, the quality of evidence, and the level of risk; alternative criterion – the ability to formulate and compare different explanations or courses of action; argumentative criterion – the ability to logically and convincingly substantiate decisions with evidence; reflective criterion – the ability to evaluate one's own judgments, identify errors, and adjust one's way of thinking.

Conclusions. Thus, critical thinking is an important ability of the military specialist that contributes to the effective implementation of the entire system of professional competencies. Its significance is determined by the specific nature of contemporary military activity, which takes place under conditions of large volumes of information, its inconsistency and incompleteness, information and psychological influence, time constraints, and the need to make decisions under conditions of uncertainty. Therefore, modern military education should develop not only the ability of military specialists to obtain and use information but, above all, their ability to think critically on the basis of that information.

References

1. Giancarlo, C., Facione, P. (2001) A Look Across Four Years at the Disposition Toward Critical Thinking Among Undergraduate Students. The Journal of General Education, 50(1), 29–55.

Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

ЦИФРОВЕ ЛІДЕРСТВО ЯК ЧИННИК ЕФЕКТИВНОЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУЧАСНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Хмелькова Ольга
докторка філософії (PhD),
Кафедра освітології та педагогічної інноватики
Університет Григорія Сковороди в Переяславі, Україна

Анотація У статті розглядається феномен цифрового лідерства як суттєвий елемент успішної цифрової трансформації сучасних організацій. Обґрунтовано важливість розвитку цифрового лідерства в умовах швидкого впровадження цифрових технологій, змін організаційних процесів, зростання штучного інтелекту, використання цифрових платформ та гібридизації професійної діяльності. На основі аналізу актуальних наукових публікацій систематизовані основні підходи до визначення природи цифрового лідерства і виокремлено його ключові компоненти. Встановлено, що ефективне цифрове лідерство передбачає інтеграцію технологічної компетенції, стратегічного мислення, інноваційності, орієнтації на людей та адаптивності. Особливу увагу приділено ролі цифрового лідера у формуванні цифрової культури, розвитку навичок працівників у сфері цифрових технологій, управлінні змінами в організації та стимулюванні інноваційної активності. Узагальнені результати досліджень підтверджують, що цифрове лідерство виходить за межі простого володіння сучасними технологіями і включає здатність керівника формувати цифрове бачення, мотивувати команду, забезпечувати ефективну комунікацію і створювати умови для адаптації організації до швидко змінного цифрового середовища. Підкреслена перспектива подальшого вивчення моделей розвитку та оцінки цифрового лідерства, а також його впливу на результативність організації.

Ключові слова: цифрове лідерство, цифрова трансформація, цифрові компетентності, цифровізація, управління змінами, інновації, цифрова культура, лідерські компетентності.

Введення. Стрімкий розвиток цифрових технологій, а також розширення штучного інтелекту, хмарних сервісів, великих даних і дистанційних форм взаємодії спричиняють значну трансформацію сучасних організацій. Цифровізація впливає не тільки на технологічну інфраструктуру підприємств і установ, але й на принципи організації праці, комунікації, прийняття управлінських рішень, розвиток персоналу та формування організаційної культури. У таких умовах традиційні підходи до лідерства часто виявляються недостатніми, оскільки сучасний керівник повинен враховувати одночасно технологічні зміни, стратегічний розвиток та людський потенціал організації.

Проблема цифрового лідерства набуває особливої актуальності як новий напрямок управлінської діяльності, що виникає на перетині лідерства, цифрової трансформації, інноваційного розвитку та управління людськими ресурсами. Сучасний цифровий лідер має не лише володіти необхідними цифровими компетентностями, але й формувати стратегічне бачення цифрового розвитку, забезпечувати готовність працівників до змін, сприяти інноваціям та створювати умови для ефективної роботи в цифровому середовищі.

Актуальність цієї проблеми підтверджується швидким зростанням кількості наукових публікацій з цифрового лідерства. Наприклад, систематичний огляд Haka E. A. та колег щодо публікацій у Scopus за 2020-2024 роки охопив 235 наукових робіт і продемонстрував значне розширення досліджень у цій галузі. Автори виділяють чотири основні групи компетентностей для цифрового лідера: технічні, стратегічні, людиноцентричні та адаптивні. При цьому в науковій літературі спостерігається поступовий перехід від сприйняття цифрового лідерства виключно як набору технічних навичок до комплексного підходу, що поєднує технологічну компетентність із стратегічним мисленням, управлінням людьми та здатністю адаптуватися до змін [1].

Важливим аспектом сучасних досліджень є встановлення зв’язку між поведінкою лідера і результативністю цифрової трансформації. Orkamo та колеги у своєму систематичному огляді 65 рецензованих публікацій визначили чотири групи лідерської поведінки: орієнтовану на завдання, стосунки, зміни та зовнішнє середовище. Ці поведінкові характеристики пов’язані з такими показниками результативності цифрової трансформації як ефективне лідерство, прийняття цифрових рішень і інновації. Дослідники зазначають важливість не тільки вибору одного стилю поведінки в ізоляції від інших моделей , але й гармонійного поєднання різних стилів при цьому емоційний інтелект керівника відіграє ключову роль [2].

Суттєвий внесок у концептуалізацію цифрового лідерства зробила Lin Q. через систематичний огляд 53 наукових документів. Вона окреслює ключові характеристики сучасного digital leader: мотивація через бачення; можливості для співробітників; інноваційність; підприємництво; міжорганізаційна й міжфункціональна співпраця; динамічна адаптація. У структурі її концепції виділяються такі складові як стратегічне мислення в контексті цифри; управління змінами; розвиток цифрових талантів [3].

Дослідження Lopez-Figueroa J. C. та співавторів проаналізувало 74 документи за період 2000-2022 років з бази Web of Science і підтвердило активний процес формування концепції digital leadership. Серед основних тем автори виділили такі напрямки як: цифрова трансформація, COVID-19 вплив інформаційно-комунікаційних технологій і творчість у віртуальних командах. Вони зазначають потребу не лише у технологічній обізнаності для ефективного ведення digital leadership але також важливість людиноцентричних компетенцій. Особливо активно ця концепція розвивається в освіті тоді як її застосування в інших сферах потребує додаткових досліджень.

Таким чином аналіз сучасної літератури свідчить про те що поняття digital leadership виходить за межі вузького трактування як просте використання керівником технологічних засобів . Воно стає все більш комплексною управлінською концепцією яка включає стратегічне мислення , технологічну грамотність , інноваційність , комунікацію , розвиток кадрів і управління змінами.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні сутності цифрового лідерства, а також у визначенні його основних характеристик, компетентностей і ролі у забезпеченні ефективної цифрової трансформації сучасних організацій на основі аналізу актуальних наукових досліджень.

Для досягнення цієї мети були сформульовані такі завдання: проаналізувати сучасні наукові підходи до трактування терміна «цифрове лідерство»; визначити ключові характеристики та структурні елементи цифрового лідерства; дослідити основні компетентності необхідні для цифрового лідера; встановити зв'язок між цифровим лідерством і процесами цифрової трансформації; визначити роль цифрового лідерства в розвитку інновацій в організаціях та їх результативності; проаналізувати специфіку цифрового лідерства в освітньому середовищі; узагальнити перспективи подальшого дослідження теми цифрового лідерства.

Результати дослідження та їхнє обговорення. Огляд наукових публікацій дозволяє стверджувати, що цифрове лідерство є багатогранним явищем, яке охоплює технологічні, стратегічні, організаційні та соціально-психологічні виміри. Воно виникає внаслідок переходу організацій від традиційних управлінських моделей до цифрового середовища, де змінюються швидкість прийняття рішень, характер комунікації, організація праці та способи створення цінності.

Одним із ключових висновків дослідження Haka E. A. та співавторів є виділення чотирьох основних доменів компетентностей цифрового лідера: технічного, стратегічного, орієнтованого на людей та адаптивного [1].

Технічна складова охоплює розуміння сучасних цифрових технологій, можливостей їх застосування та впливу на роботу організації. Проте володіння технікою саме по собі не робить лідера цифровим у повному розумінні, адже важливо, щоб керівник умів перетворювати технологічні можливості на конкретні організаційні рішення.

Стратегічна компетентність виявляється у вмінні формувати довгострокове бачення цифрового розвитку, пріоритизувати напрямки трансформації та узгоджувати технологічні ініціативи зі стратегічними цілями організації. Саме цей стратегічний вимір, на думку дослідників, відокремлює цифрового лідера від звичайного користувача цифрових засобів.

Компетентність, орієнтована на людей, передбачає здатність працювати з персоналом під час цифрових змін. Цифрова трансформація часто супроводжується опором, потребою в опануванні нових навичок та переглядом усталених професійних практик. Тому цифровий лідер не лише впроваджує технології, але й аргументує їхню необхідність, залучає працівників до процесу змін, підтримує їхній професійний розвиток і створює сприятливе психологічне середовище.

Адаптивна компетентність характеризує готовність швидко реагувати на технологічні, економічні та організаційні зрушення. В умовах високої невизначеності лідер має бути здатним коригувати стратегію, пробувати нові підходи й оперативно відповідати на зовнішні виклики.

Підхід Lin Q. доповнює вказану модель, уточнюючи зміст цифрового лідерства через п’ять ключових характеристик: бачення і мотивацію, цифрове розширення можливостей, інноваційність і підприємницький підхід, міжорганізаційну співпрацю та динамічну адаптацію [3].

Особливої ваги набуває цифрове розширення можливостей працівників (digital empowerment). У цифровому контексті керівник уже не є єдиним джерелом управлінської інформації. Працівники повинні отримувати можливість самостійно ухвалювати рішення, користуватися цифровими інструментами, генерувати інноваційні ідеї та брати участь у трансформаційних процесах. Отже, цифрове лідерство означає рух від централізованого контролю до моделей довіри, співпраці та розподіленої відповідальності.

Інноваційна функція цифрового лідерства також має суттєве значення. Цифрова трансформація не є лише механічним перенесенням існуючих процесів у цифрову площину, вона вимагає переосмислення бізнес-моделей, процедур і способів взаємодії з клієнтами та працівниками. Тому лідер у цифровому середовищі має виступати ініціатором новацій і формувати культуру, де експерименти та навчання стають частиною професійної практики.

Результати дослідження висвітлюють поведінковий вимір цифрового лідерства. Автори показали, що різні види лідерської поведінки корелюють з різними результатами цифрової трансформації. Зокрема, вони виокремлюють ефективне лідерство, цифрове прийняття, цифрову компетентність та цифрові інновації як чотири взаємопов’язані виміри результативності [2].

Це дає підстави стверджувати, що успіх цифрової трансформації залежить не лише від наявності технологій, а й значною мірою від того, як керівник взаємодіє з людьми та організовує процес змін. Наприклад, працівник може мати доступ до сучасного цифрового інструмента, але не використовувати його через брак мотивації, необхідних навичок або опір зміні. Тому цифрове прийняття є важливою передумовою формування цифрової компетентності персоналу.

Окрему увагу потребує питання емоційного інтелекту цифрового лідера. Науковці підкреслюють, що емоційний інтелект допомагає балансувати різні стилі лідерської поведінки [2]. Це принципово важливо, оскільки цифрова трансформація одночасно вимагає орієнтації на результат і уважності до потреб співробітників. Отже, ефективний цифровий лідер поєднує фокус на виконанні завдань із підтримкою командної взаємодії.

Дослідження Tigre, F. B., Henriques P. L., та Curado C. дозволяє розглядати цифрове лідерство як концепцію, що розвинулась від e-leadership, зорієнтованого переважно на застосування електронних засобів комунікації, до ширшої парадигми мислення та поведінки в складному цифровому середовищі. Автори використовували систематичний огляд 21 року публікацій та чотири раунди

Delphi-дослідження за участю 24 експертів із шести країн трьох континентів. Вони виділили два взаємопов'язані аспекти цифрового лідерства: бізнесовий – пов'язаний зі стратегією і реалізацією, та особистісний – пов'язаний із міжособистісними рисами [7].

Цей підхід підкреслює, що цифрове лідерство не зводиться лише до цифрової грамотності. Цифрово компетентний керівник і цифровий лідер не є тотожні поняття. Перший вміє ефективно користуватися технологіями, тоді як другий організовує людей і процеси так, щоб цифрові інструменти сприяли досягненню стратегічних цілей.

Результати Lopez-Figueroa J. C. та співавторів також підтверджують міждисциплінарний характер цифрового лідерства. Аналіз 74 публікацій показав, що центральними темами є цифрова трансформація, цифровізація, інформаційно-комунікаційні технології, віртуальні команди, COVID-19 та креативність. Автори акцентують на необхідності поєднання технологічних і гуманістичних компетентностей [4].

Отже, цифрове лідерство можна розуміти як здатність керівника формувати й реалізовувати стратегічне бачення цифрового розвитку організації, ефективно застосовувати цифрові технології, стимулювати інновації, забезпечувати цифрову компетентність працівників, управляти змінами та підтримувати орієнтовану на людей організаційну культуру.

Важливі висновки отримані також у дослідженнях цифрового лідерства в освіті. Obied A. S., проаналізувавши 50 наукових статей за 2019-2024 рр., підкреслює, що цифрова трансформація академічного середовища вимагає не лише технічної інфраструктури, а й ефективних управлінських рішень. Серед чинників, що впливають на успішну спільну діяльність в академічному середовищі, автор виділяє ефективне лідерство, належне врядування, взаємозв'язки та relational capital, тобто соціально-організаційний капітал взаємовідносин [5].

Ці результати особливо важливі для закладів освіти, адже цифрова трансформація освіти передбачає одночасні зміни в управлінських, педагогічних та комунікаційних практиках. Керівник навчального закладу має забезпечувати не лише функціонування цифрової інфраструктури, а й формування цифрової культури педагогічного колективу, сприяти професійному розвитку працівників і впровадженню цифрових інструментів у навчальний процес.

Водночас Okunlola J. O., Naicker S. R. та Uleanya Ch. показали особливу роль цифрового лідерства в умовах криз та Четвертої промислової революції. Використавши протокол PRISMA і пошук у базі Scopus, із 416 публікацій вони для детального аналізу відібрали 8 досліджень. Результати свідчать про вплив цифрового лідерства на такі організаційні змінні, як результативність, взаємовідносини, задоволеність, співпраця, експертиза, ефективність та продуктивність [6].

Пандемія COVID-19 виступила каталізатором цифрової трансформації та продемонструвала важливість готовності керівника організувати діяльність у швидкоплинних і непередбачуваних умовах. У таких обставинах цифровий лідер

повинен забезпечувати безперервність комунікацій, координувати роботу розподілених команд, підтримувати працівників і приймати рішення на основі цифрових даних [6].

На підставі узагальнення результатів семи досліджень можна запропонувати структурну модель цифрового лідерства, що включає п'ять взаємопов'язаних компонентів:

Компонент	**Основний зміст**
Технологічний	Цифрова освіченість, володіння сучасними технологіями, усвідомлення потенціалу цифрових засобів
Стратегічний	Цифрова перспектива, розробка стратегії, передбачення технологічних змін
Інноваційний	Стимулювання креативності, проведення експериментів, розробка та реалізація нововведень
Людиноцентричний	Розвиток кадрів мотивування комунікаційні навички емоційна обізнаність підтримка співробітників
Адаптивний	Готовність до трансформацій, адаптивність, здатність справлятися з невизначеністю та кризовими ситуаціями.

Запропонована структура узгоджується з результатами досліджень Haka E. A. та його колег, які акцентують увагу на технічних, стратегічних, людиноцентричних і адаптивних компетенціях [1]. Вона також відображає підхід Lin Q. до цифрового стратегічного мислення, розвитку талантів у цифровій сфері та динамічної адаптації [3], а також висновки Tigre F. B. та співавторів про інтеграцію стратегічного та особистісного аспектів цифрового лідерства [7].

Разом із цим аналіз літератури вказує на існування певних проблем і прогалин у дослідженнях. По-перше, концепція цифрового лідерства все ще активно формується, що призводить до відсутності єдиного загальновизнаного визначення. По-друге, більшість проведених досліджень має теоретичний або систематично-оглядовий характер. Lopez-Figueroa J. C. та його команда прямо називає цю галузь такою, що знаходиться на етапі розвитку й зрілості [4].

По-третє, контекстуальні особливості цифрового лідерства потребують подальшої уваги. Лідери в приватному бізнесі, освітніх установах, державних органах або громадських організаціях стикаються з різними цілями, ресурсами та обмеженнями. Отже, універсальна модель цифрового лідерства повинна бути адаптована до конкретних умов організації.

По-четверте, перспективним напрямком є емпіричне дослідження зв'язку між компетентностями цифрових лідерів і конкретними показниками організаційної ефективності. Lin Q. [3] підкреслює важливість глибшого вивчення результативності цифрового лідерства на рівні організації, команди й індивіда.

Висновки. Таким чином, аналіз сучасних наукових робіт дозволяє стверджувати, що цифрове лідерство є складним управлінським феноменом, що виникло у відповідь на потребу організацій функціонувати ефективно в умовах цифрової трансформації.

Сучасний цифровий лідер повинен поєднувати технологічну грамотність зі стратегічним баченням, інноваційністю й розвиненими комунікативними та соціальними навичками. Також він має здатність мотивувати співробітників і управляти змінами. При цьому важливо зазначити, що цифрове лідерство не обмежується лише використанням технологій, його основна характеристика полягає в умінні поєднувати технології з людьми та стратегічними цілями організації.

Дослідження Haka E. A. і його колег [1], Orkamo та їхніх співробітників [2], Lin Q. [3], Lopez-Figueroa J. C. з авторами [4], Obied A.S. [5], Okunlola J. O. з колегами [6] і Tigre F. B. разом із Henriques P. L. і Curado C. [7] демонструють спільну тенденцію, що успішне цифрове лідерство формується шляхом інтеграції технологічної компетентності, стратегічного мислення, людиноцентричності, інноваційності та адаптивності.

Отже, перспективи подальших досліджень варто пов'язати із створенням валідованих моделей оцінювання цифрового лідерства, визначенням його впливу на організаційну ефективність; вивченням специфіки digital leadership в освітніх установах, а також аналізом ролі штучного інтелекту, цифрових платформ і гібридних форм праці у трансформації сучасного управління.

Список використаних джерел

1. Haka E. A., Kristiyano A., Firdaus J., Suswanti T., Sukmayadi Y., Sembodo J., Wahyudianto E. Digital Leadership in the Era of Digital Transformation: A Systematic Literature Review of Scopus-Indexed Publications from 2020-2024. Journal of Scientech Research and Development. Vol. 6(2). 2024. P. 147-154. DOI: https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i2.572
2. Leadership behaviours to promote organisational performance in private sector digital transformation – A systematic literature review. Digital Business. Vol. 5(2). DOI: https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100155
3. Lin Q. Digital leadership: A systematic literature review and future research agenda. European Journal of Innovation Management. Vol. 28(6). 2024. P. 2469-2488. DOI: https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2023-0522
4. Lopez-Figueroa J. C., Ochoa-Jimenez S., Palafox-Soto M. O., Hernandez (2025). Digital Leadership: A Systematic Literature Review. Administrative Sciences. Vol. 15(4). 2025. 129. DOI: https://doi.org/10.3390/admsci15040129
5. Obied A. S. Digital leadership in the academic environment: A systematic literature review. Social Sciences & Humanities Open. Vol. 11. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101542
6. Okunlola J. O., Naicker S. R., Uleanya Ch. Digital leadership in the fourth industrial revolution enacted during the COVID-19 pandemic: a systematic review. Cogent Business & Management. Vol. 11. №1. 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2317258
7. Tigre F. B., Henriques P. L., Curado C. The digital leadership emerging construct: a multi-method approach. Management Review Quarterly. Vol. 75(1). 2025. P. 789-836. DOI: https://doi.org/10.1007/s11301-023-00395-9

ДИДАКТИЧНА ГРА ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ТА КОГНІТИВНОЇ СТІЙКОСТІ КУРСАНТІВ У СУЧАСНИХ ВИКЛИКАХ

Приходько Дмитро
к.псих.н., доцент
ORCID ID 0000-0002-5774-2692
Кафедра психології, педагогіки та філології
Харківська державна академія культури
Яндола Кристина
ORCID ID 0000-0002-1040-5381
Фурдь Анна
курсантка 3 курсу
Кафедра психології та педагогіки
Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація. У статті обґрунтовано дидактичний потенціал ігрових методів (дидактичних ігор, воргеймінгу, імітаційного моделювання) у формуванні критичного мислення та когнітивної стійкості курсантів. На основі опитування виявлено високий запит молоді на протидію маніпуляціям та відкритість до альтернативних методів навчання. Здійснено порівняльний аналіз кейс-методу та дидактичних ігор. Систематизовано переваги й ризики ігрового навчання, а також обґрунтовано створення «безпечного простору для помилки» за допомогою дебрифінгу та мінімізацію стресу через командно-кооперативні формати.

Ключові слова: дидактична гра, воргеймінг, критичне мислення, когнітивна стійкість, вища освіта, дебрифінг.

Введення. Сучасний етап розвитку вищої освіти в Україні здійснюється в умовах масштабних безпекових викликів та динамічної трансформації суспільно-політичного середовища. Зазначене вимагає від системи підготовки майбутніх фахівців не лише засвоєння фундаментальних знань, а й швидкого формування когнітивної стійкості, професійних компетентностей та критичного мислення.

У сучасному освітньому процесі критичне мислення слугує базовим інструментом аналізу інформації, виявлення маніпуляцій, логічних неточностей та прихованих мотивів. Водночас традиційні дидактичні підходи часто демонструють обмежену ефективність у рефлексії складних, динамічних і високоризикованих ситуацій. У зв'язку з цим виникає потреба впровадження інноваційних, активних методів навчання, серед яких особливе місце посідає дидактична гра у різних форматах.

Теоретичні та практичні засади застосування дидактичних ігор як засобу активізації навчально-пізнавальної діяльності й формування професійної

компетентності висвітлено у працях І. Куліш, Л. Біденко, О. Коберника, Н. Калашник, А. Кереї, Ш. Сіладі, З. Терек та інших науковців.

Водночас у контексті професійної підготовки кадрів сектору безпеки й оборони дидактичні ігри набувають специфічних форм. Зазначений напрям активно досліджується через призму стандартизації та трансформації освітніх систем. Як зазначає Ю. Приходько [5], сучасні дидактичні основи підготовки фахівців вимагають відходу від застарілих моделей та інтенсивного наближення до концепцій і стандартів провідних країн НАТО, що передбачає впровадження гнучких освітніх технологій і системного моніторингу якості.

Проблематика застосування воєнних ігор (а саме воргеймінгу) як ключового інструменту забезпечення та оцінювання якості підготовки фахівців висвітлена у роботах Є. Калашникова, О. Шинкарука та В. Машталіра. Науковці доводять, що воєнні ігри відповідають за конструктивне моделювання в межах концепції Live, Virtual, Constructive та сприяють формуванню системного стратегічного мислення, зменшенню інформаційної невизначеності й підвищенню швидкості ухвалення рішень [3]. Практичні та методичні особливості проведення воргеймінгу, включаючи аналіз етичних аспектів та застосування штучного інтелекту у процесі ухвалення рішень, детально досліджені також О. Лаврінчуком, Л. Заїкою, О. Новиковою та О. Супруненком [4].

У загальнопедагогічному плані методологію цифровізації, застосування інтерактивних технологій, медіа-технологій та формування творчої особистості курсантів і студентів обґрунтовано у колективних працях А. Задорожного, Ю. Човнюка, О. Стаховського, О. Клімова [2] та ін.

Однак все одно існує розрив між теоретичними методологіями та реальними уподобаннями здобувачів. Важливо зрозуміти, як самі здобувачі освіти сприймають такі методи і як зібрати гру так, щоб розвивати критичне мислення без зайвого стресу чи бездумного змагання за бали.

Мета та задачі дослідження. **Мета дослідження** - обґрунтувати дидактичний потенціал гри як інноваційного засобу формування критичного мислення та професійних компетентностей курсантів на основі зіставлення теоретико-методологічних підходів і результатів емпіричного аналізу їхніх освітніх уподобань.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **задачі**: проаналізувати теоретичні засади та сучасний стан використання дидактичних ігор; здійснити емпіричне дослідження освітніх уподобань курсантів щодо аналізу інформації, протидії маніпуляціям та готовності до застосування неформальних й ігрових методів навчання; систематизувати переваги та методичні ризики застосування дидактичних ігор в освітньому процесі.

Результати дослідження і їх обговорення. Підвищення якості сучасної вищої освіти вимагає системного поєднання різноманітних методів навчання: від традиційних словесних чи наочних до проблемно-пошукових, інтерактивних та ігрових. Доцільність обрання конкретного методичного інструментарію

зумовлюється метою занять, змістом дисципліни, рівнем підготовленості здобувачів та загальною логікою освітнього процесу.

Важлива роль у цій системі належить дидактичній грі, яка інтегрує навчальні завдання з активною практичною діяльністю здобувачів освіти, сприяючи зростанню їхньої внутрішньої мотивації.

В науковій літературі «дидактична гра» визначається як засіб загального розвитку - складне багатопланове педагогічне явище, що виступає ігровим методом навчання, засобом всебічного розвитку особистості та чинником інтелектуального зростання [6]; як професійний інструмент - активна навчальна діяльність з імітаційного моделювання систем, явищ і процесів, що вивчаються [1].

Для з'ясування ставлення курсантської молоді до активних та ігрових методів навчання, а також оцінювання їхньої готовності до інтенсивної пізнавальної діяльності нами було проведено емпіричне дослідження. Його головна мета полягала у виявленні освітніх уподобань здобувачів освіти, визначенні їхнього запиту на розвиток критичного мислення та оцінці потенціалу дидактичної гри як інноваційного педагогічного інструменту.

Загальний обсяг вибірки склав 100 здобувачів освіти - курсантів. Дослідження засвідчило високу актуальність навичок критичного аналізу в щоденному житті та навчанні здобувачів. На запитання «Як часто вам доводиться аналізувати інформацію, щоб виявити неточності, маніпуляції або приховані мотиви?» відповіді розподілилися наступним чином:

- 23% респондентів аналізують інформаційні повідомлення «постійно»;
- 40% опитаних роблять це «часто».

Таким чином, сукупно 63% здобувачів регулярно відчувають потребу в критичному осмисленні інформаційного потоку, пошуку логічних неточностей та маніпулятивних впливів. Це підтверджує, що сформованість критичного мислення є однією з ключових вимог до сучасного фахівця.

Аналіз відповідей на запитання «Чи вважаєте ви, що критичне мислення можна розвивати поза формальною освітою (через фільми, книги, ігри, життєві ситуації)?» показав надзвичайно високий рівень довіри до альтернативних дидактичних засобів.

87% респондентів висловили переконаність у тому, що критичне мислення можна ефективно вдосконалювати через неформальні та інтерактивні формати (фільми, книги, ігрові ситуації тощо).

Цей результат свідчить про готовність здобувачів до виходу за межі класичної лекційно-семінарської системи та високу відкритість до гейміфікованих і практико-орієнтованих методів.

При визначенні найбільш ефективних інструментів розвитку мислення здобувачі виокремили такі практичні формати:

- аналіз реальних ситуацій - 73% підтримки;
- перегляд та колегіальне обговорення фільмів - 66%;
- робота з аналітичною літературою - 58%;
- розв'язання навчальних кейсів - 51%.

Для глибшого розуміння специфіки дидактичних ігор доцільно зіставити їх із класичним кейс-методом, який також користується високою довірою серед здобувачів (табл.1).

Таблиця 1. - Порівняльний аналіз дидактичних властивостей кейс-методу та дидактичної гри

Параметр порівняння	Традиційний кейс-метод	Дидактична гра
Динаміка середовища	Статична (умови зафіксовані в тексті кейсу)	Динамічна (стан системи змінюється в режимі реального часу від рішень гравців)
Інформаційне поле	Повна або статично обмежена інформація	Динамічна невизначеність, наявність «шуму», дезінформації та маніпуляцій
Фактор часу	Фіксований час на аналіз і підготовку відповіді	Часовий дефіцит, необхідність ухвалення рішень «тут і зараз»
Емоційно-вольове напруження	Помірне (академічне обговорення)	Високе (імітація реальної відповідальності за наслідки)
Зворотний зв'язок	Оцінка викладача після виступу	Негайний ігровий результат + глибокий рефлексивний дебрифінг (AAR)

Визначаючи потенціал дидактичних ігор у закладах вищої освіти, А. Кереї, Ш. Сіладі, З. Терек зазначають, що їхня ефективність зумовлена комплексною дією на когнітивну та мотиваційну сфери здобувачів. Дослідники виокремлюють такі ключові переваги застосування ігрових методів [8]:

- підвищення мотивації та залученості: стимулювання бажання активно включатися у виконання навчальних завдань;
- активізація діяльності: перехід від пасивного сприйняття інформації до безпосередньої участі, ухвалення рішень та взаємодії;
- розвиток критичного та творчого мислення: спонукання до аналізу інформації, порівняння альтернатив і пошуку нестандартних шляхів застосування знань;
- формування комунікативних навичок: відпрацювання вмінню аргументувати власну позицію, слухати опонентів та працювати в команді;
- практична спрямованість: використання теоретичного матеріалу для розв'язання конкретних ситуацій із подальшим закріпленням знань.

Водночас А. Кереї, Ш. Сіладі, З. Терек звертають увагу на низку методичних ризиків: можливість виникнення стресу й тривожності через конкурсний характер гри, ризик деструктивної конкуренції (коли перемога стає важливішою за співпрацю), залежність від зовнішніх винагород, а також високі вимоги до якості методичного проєктування гри.

Погоджуючись із визначеним базовим спектром переваг та обмежень, ми вважаємо за необхідне доповнити цей перелік специфічними аспектами, що є важливими для формування професійних компетентностей сучасного фахівця. Апелюючи до результатів нашого емпіричного дослідження, додамо такі переваги використання дидактичниї ігор з метою розвитку критичного мислення.

1. Формування когнітивної стійкості та навичок ухвалення рішень в умовах невизначеності. Дидактична гра створює штучне, але максимально реалістичне середовище, де здобувач змушений діяти в ситуаціях часового дефіциту, викривленої інформації чи прямого інформаційного тиску. Це забезпечує тренування емоційно-вольової саморегуляції та розробку чітких алгоритмів дій під час кризи.

Даний пункт прямо відповідає запиту 63% респондентів, які зазначили, що «часто» (40%) та «постійно» (23%) стикаються з потребою аналізувати повідомлення на предмет маніпуляцій, логічних викривлень і прихованих мотивів. Моделювання ігрових ситуацій з елементами дезінформації дозволяє перевести пасивне усвідомлення маніпуляцій у практичну навичку їх розпізнавання та нейтралізації.

2. Створення «безпечного простору для помилки» та культура дебрифінгу. Імітаційне моделювання дає змогу здобувачу протестувати нестандартні чи ризиковані стратегії та наочно побачити їхні наслідки без загрози реальних втрат чи негативних оціночних санкцій. Ключовим елементом тут виступає подальший рефлексивний аналіз (дебрифінг / After Action Review), під час якого викладач разом із групою розбирає «чому виникла помилка» та «як її уникнути в майбутньому». Це перетворює невдачу з причин для стресу на найцінніший навчальний досвід.

Отримані дані свідчать, що 73% опитаних вважають аналіз реальних ситуацій найефективнішим способом розвитку критичного мислення, а 51% віддають перевагу навчальним кейсам. Саме режим «безпечного простору» у грі дозволяє реалізувати глибокий аналіз ситуацій (кейсів) на власному досвіді, а не лише на папері.

Щодо недоліків, то вважаємо, що для нейтралізації вказаного авторами [8] ризику стресогенності та тривожності можна змістити фокус із жорсткого змагання між учасниками на командно-кооперативні формати (командні сценарії, рольова взаємодія, спільне розв'язання ситуаційних завдань). У таких умовах успіх визначається не особистою першістю чи боротьбою за рейтингові бали, а якістю групової рефлексії, координацією дій та взаємодопомогою під керівництвом викладача-фасилітатора.

Тим більше, що дослідження підтвердило високий рівень готовності молоді до неформальних груп і командних активностей - 87% респондентів переконані в ефективності розвитку мислення поза межами класичної лекційної системи (через ігри, обговорення та спільні кейси). Командно-кооперативна гра задовольняє цей запит, формуючи не лише критичне мислення, а й колективну згуртованість і професійну етику.

Висновки. Застосування дидактичних ігор (воргеймінгу, імітаційного моделювання тощо) у вищих військових навчальних закладах є важливим чинником трансформації освітнього процесу від пасивного засвоєння знань до формування когнітивної стійкості, стратегічного мислення та суб'єктної позиції

здобувача. Це повністю відповідає сучасним тенденціям адаптації освітніх систем України до стандартів країн НАТО.

Результати опитування засвідчили високу готовність і позитивне сприйняття здобувачами освіти активних та ігрових методів навчання. Зіставивши суттєвий запит молоді на протидію маніпуляціям та орієнтацію на розбір реальних ситуацій із високою довірою до альтернативних форматів навчання, доведено, що дидактична гра виступає найбільш запитуваним інструментом подолання розриву між теоретичним навчанням і реальними вимогами професійного середовища.

Подальшого науково-методичного опрацювання вимагає розробка конкретних сценаріїв авторських дидактичних ігор із залученням цифрових та імерсивних технологій, обґрунтування критеріїв кількісного оцінювання якості сформованих компетентностей, а також дослідження психолого-педагогічних умов підготовки викладачів до ефективної фасилітації та проведення дебрифінгу в умовах цифрової трансформації освіти.

Список використаних джерел

1. Вейланде Л. В.-В., Столярчук Ю. С. Дидактична гра як засіб формування професійної компетентності майбутніх викладачів. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки. 2022. № 1 (76). С. 146–152. https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e2cfed6a-e927-4175-aedd-39ee029ff8d7/content
2. Задорожний А., Човнюк Ю., Стаховський О., Клімов О., Кушина В., Васильєв М., Мартиненко М., Лапченков Є., Пелехатий М., Касьянов О. Інноваційні технології навчання курсантів в системі вищої військової освіти. Grail of Science. 2025. № 19. Art. 060. DOI: https://doi.org/10.36074/graal-nauki.19.09.2025.060
3. Калашніков Є. М., Шинкарук О. М., Машталір В. В. Воєнні ігри як інструмент забезпечення та оцінювання якості підготовки військових фахівців оперативного й стратегічного рівнів військової освіти. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2025. № 3 (54). С. 157–162. DOI: https://doi.org/10.33099/2311-7249/2025-54-3-157-162
4. Лаврінчук О., Заїка Л., Новикова О., Супруненко О. Особливості використання воргеймінгу під час проведення навчальних воєнних ігор. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2024. № 2 (44). С. 89–97. DOI: https://doi.org/10.33405/2409-7470/2024/2/44/319467
5. Приходько Ю. І. Дидактичні основи підготовки військових фахівців з вищою освітою в контексті військовосвітніх систем провідних країн НАТО: історична ретроспектива, сучасність, перспективи. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: Педагогічні науки. 2020. № 4 (23). С. 211–227.

6. Трофаїла Н. Дидактична гра як засіб ознайомлення дітей із предметним довкіллям. Вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Педагогічні науки. 2021. № 4. С. 17–21. https://doi.org/10.32782/apv/2021.4.3
7. Удовиченко О. М., Чкана Я. О., Юрченко А. О., Хворостіна Ю. В. Впровадження дидактичних ігор в освітній процес. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 4 (22), ч. 2. С. 7–11 . https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-022-4-025
8. Körei A., Szilágyi S., Török Z. Integrating Didactic Games in Higher Education: Benefits and Challenges. Teaching Mathematics and Computer Science. 2021. Vol. 19, No. 1. P. 1–15. https://doi.org/10.5485/TMCS.2021.0517

ФОРМУВАННЯ ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

Жук Вікторія
магістр
Погоріла Анна
к. пед. н., доцент
Кафедра практики англійської мови і методики її навчання
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка, Україна

Анотація. У статті здійснено теоретичний аналіз поняття лексичної компетенції як складника іншомовної комунікативної компетентності та особливостей її формування у студентів, які вивчають англійську мову. Охарактеризовано цифрові навчальні платформи як засіб розвитку словникового запасу. Систематизовано шість типів платформ за дидактичним призначенням, обґрунтовано шість критеріїв добору навчального контенту, розроблено трирівневу систему вправ і циклічну модель самостійної роботи, узгоджену з тижневим ритмом аудиторних занять. Показано, що методична інтеграція цифрових засобів забезпечує перехід лексики з пасивного словника в активне вживання.

Ключові слова: лексична компетенція, цифрові навчальні платформи, інтервальне повторення, гейміфікація, система вправ, самостійна робота, методика навчання англійської мови.

Введення. Лексична компетенція є одним із ключових складників іншомовної комунікативної компетентності. Обсяг і якість словникового запасу значною мірою визначають здатність студента розуміти автентичний текст, сприймати мовлення на слух і будувати власне висловлювання. Традиційні підходи до вивчення лексики – механічне заучування без системного повторення –

не завжди забезпечують перехід слова з пасивного словника в активне вживання і слабо узгоджуються з обмеженим аудиторним часом у закладах вищої освіти.

Цифровізація освіти створює додаткові можливості для розв'язання цієї проблеми. Системи інтервального повторення, гейміфіковані застосунки, сервіси на основі штучного інтелекту дають змогу індивідуалізувати темп і зміст роботи зі словником, організувати регулярне розподілене повторення, розширити контексти вживання лексики та автоматизувати контроль. Водночас без обґрунтованої методики цифрові інструменти використовуються фрагментарно і не забезпечують сталого формування лексичної компетенції.

Проблему навчання іншомовної лексики розглядали С. Ніколаєва, О. Тарнопольський, С. Смоліна, Л. Мамчур, І. Ставицька; застосування цифрових технологій у навчанні іноземної мови досліджували В. Четверик, Т. Крамаренко, О. Хомишак, О. Патієвич. Засади лексичної компетенції розробляв І. Нейшн; ефективність цифрових платформ емпірично вивчали М. Хасан, Дж. Рахмаваті, І. Патра, Л. Абіда, Б. Клімова, О. Оздемір. Представлене дослідження спирається на ці праці й пропонує цілісну методику формування лексичної компетенції студентів засобами цифрових навчальних платформ.

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – теоретично обґрунтувати сутність і структуру лексичної компетенції та розробити методику її формування у студентів, які вивчають англійську мову, з використанням цифрових навчальних платформ. Завдання: уточнити поняття лексичної компетенції та її місце в структурі іншомовної комунікативної компетентності; розкрити психологічні й методичні особливості формування лексичної компетенції студентів; схарактеризувати цифрові платформи як засіб розвитку словника; визначити критерії добору й умови ефективного застосування платформ; розробити систему вправ для рецептивних і продуктивних лексичних навичок та модель самостійної роботи.

Результати дослідження і їх обговорення. У системі мовних засобів лексика забезпечує змістову цілісність висловлювання. Оволодіння лексичним складом має свою особливість: без нього неможливе формування навичок говоріння, читання, аудіювання та письма. Д. Хаймс розширив розуміння комунікативної компетентності за межі граматичних правил, наголошуючи на доречному використанні мови відповідно до соціальних норм [1]. Модель Я. ван Ека, що лягла в основу Загальноєвропейських Рекомендацій, виокремлює лінгвістичний компонент, який передбачає насамперед знання вокабуляра та граматики [2].

С. Смоліна тлумачить лексичну навичку як автоматизовану здатність інтуїтивно розуміти й використовувати іншомовний лексичний матеріал [3]. О. Бігич визначає лексичні знання як відображення у свідомості результатів пізнання лексичної системи разом із правилами її застосування. Третім компонентом є лексична усвідомленість – свідомо-рефлексивне ставлення до власного процесу оволодіння словником [4]. І. Нейшн розмежовує рецептивне й продуктивне знання слова та пропонує чотири стратегічні напрями засвоєння мови: робота над

формою, рецептивна діяльність зі смисловим фокусом, продуктивна діяльність зі смисловим фокусом і розвиток швидкості мовлення [5].

У межах дослідження лексичну компетенцію студентів розуміємо як інтегративну здатність розпізнавати, розуміти, добирати й доречно вживати лексичні одиниці англійської мови відповідно до комунікативної ситуації, що спирається на єдність знань, навичок і усвідомленості, а також на показники широти й глибини словника. Формування цієї компетенції потребує розподіленого повторення, багаторазової зустрічі зі словом у різних контекстах і поступового переходу від рецепції до продукції.

Цифрові навчальні платформи здатні реалізувати зазначені принципи за умови методичної інтеграції в курс. В. Четверик наголошує, що ефективність цифрових засобів у самостійному вивченні мови залежить від навичок саморегуляції студента [6]. Т. Крамаренко відзначає можливості оперативного зворотного зв'язку, якого бракує в багаточисельних академічних групах [7]. Емпіричні дослідження підтверджують позитивний ефект гейміфікації [8], цифрових ігор [9], флешкарток Socrative [10], мобільних застосунків [11] і навіть месенджерів за умови цілеспрямованого педагогічного використання [12]. Метааналіз О. Оздеміра й Х. Сечкіна за 23 дослідженнями Quizlet зафіксував помірний вплив на успішність засвоєння лексики (g = 0,62) і вищий – на довготривале утримання слів (g = 0,74) [13].

Методичний потенціал платформи визначається не технічними характеристиками як такими, а тим, наскільки послідовно вона реалізує психолінгвістичні принципи засвоєння лексики. За дидактичним призначенням виокремлено шість типів платформ (табл. 1).

Таблиця 1 – Типи цифрових навчальних платформ для роботи над лексикою

Тип платформи	**Провідна дидактична функція**	**Приклади**
Системи інтервального повторення	Розподілене повторення, індивідуалізація інтервалу	Quizlet, Memrise, Anki
Гейміфіковані платформи	Мотивація, миттєвий зворотний зв'язок, змагання	Kahoot!, Wordwall, Quizizz
Засоби формувального оцінювання	Оперативний контроль і діагностика прогалин	Google Forms, Socrative
Застосунки для обміну повідомленнями	Короткі комунікативні мікрозавдання поза аудиторією	WhatsApp, Telegram
Платформи для створення контенту	Продуктивне вживання лексики в творчому продукті	Padlet, StoryJumper
Системи керування навчанням (LMS)	Організація курсу, аналітика прогресу групи	Moodle, Google Classroom

*дані сформовано автором

Кожен тип платформи найкраще розв'язує певне методичне завдання і не є універсальним. Системи флеш-карток забезпечують індивідуалізоване розподілене повторення, чого неможливо досягти паперовим словником.

Гейміфіковані сервіси підвищують мотивацію, але без подальшого продуктивного етапу залишають слово на рівні впізнавання. Платформи створення контенту вимагають самостійного вживання цільової лексики в особисто значущому продукті – цифровій історії чи дописі. LMS інтегрує окремі інструменти в єдину логіку курсу й надає викладачеві аналітику засвоєння.

Розроблено трирівневу систему вправ. Рецептивні вправи спрямовані на упізнавання форми й значення слова (режим Flashcards / Match у Quizlet, відповідність на Wordwall). Репродуктивні передбачають відтворення одиниці за визначенням, контекстом або початком колокації (режими Write і Spell, керовані ігри Kahoot!). Продуктивні вимагають самостійного вживання лексики в короткому дописі на Padlet, усному висловлюванні за цифровими картками або в цифровій історії на StoryJumper. Змішані завдання поєднують усі три рівні в межах однієї теми.

На рецептивному й репродуктивному рівнях автоматизований зворотний зв'язок платформи суттєво пришвидшує засвоєння. На продуктивному рівні роль викладача залишається незамінною: алгоритм фіксує формальну правильність, але не завжди оцінює доречність і природність уживання слова в конкретному контексті.

Обґрунтовано шість критеріїв добору навчального контенту: частотність, тематична відповідність програмі курсу, відповідність рівню CEFR, автентичність, сполучуваність і мультимодальність. Частотність операціоналізується списками на кшталт Academic Word List; автентичність – короткими відео, подкастами й текстами новин; мультимодальність – поєднанням графічної, звукової та контекстної форм пред'явлення слова, що посилює глибину знання лексичної одиниці.

Для організації позааудиторної роботи запропоновано циклічну модель, узгоджену з тижневим ритмом занять (табл. 2). На початку циклу студент рецептивно ознайомлюється з новою лексикою теми. У середині тижня закріплює сполучуваність і форму. Напередодні наступного заняття виконує коротке продуктивне завдання і повертається до розподіленого повторення попередніх тем. Така циклічність забезпечує і навмисне, і випадкове засвоєння, а також регулярність контактів зі словом, необхідну для переходу одиниці в довготривалу пам'ять.

Таблиця 2 – Циклічна модель самостійної роботи студента протягом навчального тижня

Етап тижня	**Тип діяльності**	**Рекомендований інструмент**
Початок тижня	Рецептивне ознайомлення з новою лексикою теми	Quizlet (Flashcards, Match)
Середина тижня	Репродуктивне закріплення форми й колокацій	Wordwall, Kahoot!, Quizlet Write / Spell
Кінець тижня	Продуктивне вживання в короткому тексті / дописі	Padlet, StoryJumper
Постійно	Розподілене повторення попередніх тем	Anki / Memrise / Quizlet Learn

*дані сформовано автором

Практичну логіку моделі ілюструє тема «Work and Career» для рівня B1–B2. На рецептивному етапі студенти встановлюють відповідність між термінами

recruitment, promotion, resignation, severance та їхніми визначеннями в режимі Match. На репродуктивному – вводять слово за визначенням і добирають дієслово-колокат. На продуктивному – пишуть допис «My Ideal Job in 10 Years» із обов'язковим використанням щонайменше семи цільових одиниць і створюють коротку цифрову історію «A Day in My Future Career». Такий маршрут забезпечує багаторазову зустріч зі словом у різних модальностях і комунікативних завданнях.

Результативність моделі залежить від трьох умов: доступності платформ для всіх студентів групи, сформованості навичок саморегуляції та послідовного, а не епізодичного включення цифрових засобів у структуру курсу. Власний педагогічний експеримент у межах роботи не проводився; висновки мають теоретико-методичний характер і спираються на узагальнені зарубіжні емпіричні дані. Кількісна перевірка ефективності системи вправ залишається перспективою подальших досліджень.

Висновки. Лексична компетенція інтегрує знання, навички й усвідомленість і є наскрізним чинником усіх видів мовленнєвої діяльності. Традиційне заучування без системного повторення не забезпечує переходу слова в активне вживання. Цифрові навчальні платформи компенсують це обмеження, реалізуючи розподілене повторення, індивідуалізацію, гейміфікацію та аналітику прогресу – за умови їх методичної, а не технічної інтеграції в курс.

Систематизовано шість типів платформ і зіставлено їх із провідними дидактичними функціями. Трирівнева система вправ забезпечує шлях від упізнавання до самостійного творчого вживання лексики. Шість критеріїв добору контенту й циклічна модель самостійної роботи дають викладачеві інструментарій для планомірного розвитку словника студентів.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в емпіричній апробації запропонованої системи вправ у академічних групах.

Список використаних джерел

1. Hymes D. On communicative competence. The communicative approach to language teaching / ed. by C. J. Brumfit, K. Johnson. Oxford : Oxford University Press, 1979. P. 269–293.
2. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. URL: https://rm.coe.int/1680459f97 (дата звернення: 10.09.2026).
3. Смоліна С. В. Методика формування іншомовної лексичної компетенції. Іноземні мови. 2010. Вип. 4. С. 16–23.
4. Бігич О. Б. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика : підручник. Київ : Ленвіт, 2013. 590 с.
5. Nation I. S. P. Learning Vocabulary in Another Language. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 624 p.
6. Четверик В. К. Роль цифрових технологій у самостійному вивченні іноземної мови: переваги та недоліки. Інформаційні технології в освіті та науці. 2023. Вип. 13. С. 419–424.

7. Крамаренко Т. В. Сучасні інформаційно-комунікаційні та інтерактивні технології навчання іноземної мови. Вісник Університету імені Альфреда Нобеля. Серія «Педагогіка і психологія». 2020. № 1 (19). С. 354–359.
8. Abidah L., Asih R. A., Widodo E. Digital Game-Based Learning as a Strategy to Expand Vocational Students' Vocabulary. Journal of English Education and Teacher Trainer. 2023. Vol. 2, No. 2. P. 45–52.
9. Patra I. An Investigation of EFL Learners' Vocabulary Retention and Recall in a Technology-Based Instructional Environment. Education Research International. 2022. Art. 3968600.
10. Rahmawati J., Mujiono, Liskinasih A. Enhancing EFL Learners' Vocabulary Acquisition with Socrative Digital Flashcards. International Journal of Social Sciences & Educational Studies. 2022. Vol. 9, No. 1. P. 269–280.
11. Klimova B., Polakova P. Students' Perceptions of an EFL Vocabulary Learning Mobile Application. Education Sciences. 2020. Vol. 10, No. 2. Art. 37.
12. Hasan M. K., Fakih A. H., Ibna Seraj P. M., Hasmirati. The effect of technology-assisted language programme on vocabulary learning among EFL students at the tertiary level. Heliyon. 2022. Vol. 8, No. 8. e10313.
13. Özdemir O., Seçkin H. Quantifying cognitive and affective impacts of Quizlet on learning outcomes: a systematic review and comprehensive meta-analysis. Frontiers in Psychology. 2024. Vol. 15. Art. 1349835.

РОЗВИТОК ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ КОРПУСНОГО НАВЧАННЯ

Мусійовська Марія
магістр
Погоріла Анна
к. пед. н., доцент
Кафедра практики англійської мови і методики її навчання
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка, Україна

Анотація. У статті здійснено теоретичний аналіз поняття лексичної компетенції, її місця у структурі іншомовної комунікативної компетентності та особливостей формування у студентів закладів вищої освіти. Обґрунтовано дидактичний потенціал корпусного навчання й концепції data-driven learning. Розроблено типологію вправ на основі корпусних даних, критерії добору лексичного матеріалу та чотириетапну модель формування навички самостійного лексичного аналізу. Показано, що корпусний підхід сприяє переходу від рецептивного знання слова до його продуктивного, природного використання та розвиває навчальну автономію студента.

Ключові слова: лексична компетенція, корпусне навчання, data-driven learning, колокації, навчальна автономія, конкорданс, методика викладання іноземних мов.

Введення. Лексична компетенція студентів залишається одним із ключових компонентів оволодіння іноземною мовою. Знання окремої лексичної одиниці не є тотожним умінню її коректного й природного використання. Студенти нерідко фіксують переклад слова, розпізнають його значення в тексті, але зазнають труднощів під час вибору природної колокації, визначення стилістичного відтінку або оперативного відтворення потрібної одиниці в умовах реального спілкування. Традиційні форми роботи – списки слів, підстановчі вправи та деконтекстуалізовані приклади – лише частково усувають зазначені проблеми. Як наслідок, рецептивний словник зростає нерівномірно щодо продуктивного.

Сучасна вища освіта дедалі послідовніше орієнтує навчальний процес на автентичний, дослідницький підхід, спрямований не лише на засвоєння знань, а й на формування вміння самостійно аналізувати мову. Корпусне навчання забезпечує саме такі умови: воно дає змогу працювати з великими масивами автентичних текстів, спостерігати реальне функціонування лексичних одиниць і самостійно виявляти закономірності їх уживання. Студент перестає бути пасивним реципієнтом готових правил і постає як дослідник.

Теоретичні засади корпусної лінгвістики та її дидактичного застосування досліджували Дж. Сінклер, Д. Байбер, Т. Джонс, С. Ханстон, а також вітчизняні науковці В. Жуковська, В. Четверик, Т. Горохова, В. Колкунова та ін. Представлене дослідження спирається на ці напрацювання й пропонує цілісну методику розвитку лексичної компетенції студентів засобами корпусного навчання.

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – теоретично обґрунтувати й практично розробити методику розвитку лексичної компетенції студентів із використанням корпусного навчання. Для досягнення мети необхідно: уточнити поняття лексичної компетенції та визначити її місце у структурі іншомовної комунікативної компетентності; розкрити особливості формування лексичної компетенції студентів; охарактеризувати корпусне навчання як сучасний засіб опрацювання лексики; виявити дидактичний потенціал корпусного навчання; описати прийоми роботи з корпусами; обґрунтувати принципи добору навчального матеріалу та вправ; визначити шляхи формування навичок самостійного лексичного аналізу.

Результати дослідження і їх обговорення. Загальноєвропейські рекомендації з мовної освіти визначають мовну компетенцію як один із трьох базових компонентів комунікативної спроможності мовця, а лексичну складову – як підсистему мовної компетенції поряд із граматичною, семантичною, фонологічною та орфографічною. Йдеться не про механічний перелік слів, а про здатність доречно й точно добирати лексичні одиниці відповідно до комунікативного завдання, контексту та регістру спілкування [1].

У вітчизняній методиці усталеною є модель, згідно з якою іншомовна комунікативна компетентність охоплює лінгвістичну, комунікативну та

соціально-професійну складові, а лінгвістична компетентність об'єднує граматичну, лексичну та фонетичну компетенції [2; 3]. Т. Чернюк підкреслює, що лексична компетенція не існує ізольовано: без достатнього словникового запасу неможливо реалізувати ані граматичну правильність висловлювання, ані його прагматичну доречність [4]. С. Ніколаєва розглядає лексичну компетенцію як здатність чітко оформлювати думки й розуміти мовлення інших на основі лексичної обізнаності та теоретичних відомостей про систему мови [2].

П. Нейшн наполягає, що «знати слово» є складнішим явищем, ніж здатність пригадати його переклад. Дослідник виокремлює рецептивний і продуктивний виміри знання слова та описує аспекти форми, значення й використання, включно з колокаціями. Типову сполучуваність слова неможливо вивести суто логічним шляхом – її потрібно спостерігати в живому мовленні [5]. Н. Шмітт розмежовує обсяг (breadth) і глибину (depth) словникового запасу: обсяг відповідає на питання, скільки слів студент здатний розпізнати, тоді як глибина стосується якості знання кожного слова [6].

У межах нашого дослідження під лексичною компетенцією студентів розуміємо здатність особистості усвідомлено й гнучко оперувати лексичним складом іноземної мови – розпізнавати, розуміти, добирати й доречно вживати лексичні одиниці відповідно до комунікативної мети, ситуації спілкування та мовного регістру, – що спирається на єдність лексичних знань, навичок, мотиваційно-рефлексивного ставлення до навчання, а також на достатні показники обсягу й глибини словникового запасу.

Формування лексичної компетенції є тривалим і нелінійним процесом. У вітчизняній лінгводидактиці традиційно виокремлюють три етапи роботи над лексичним матеріалом: ознайомлення з новими одиницями, автоматизацію мовленнєвих навичок і комунікативну практику [7]. Ефективне формування вимагає поетапності, системності, диференційованості вправ за рівнем володіння мовою, поєднання навмисного й випадкового засвоєння, а також автентичності матеріалу. Останній принцип у сучасних умовах дедалі частіше реалізується через корпусні технології.

Під лінгвістичним корпусом мають на увазі значний за обсягом, представлений в електронному вигляді, структурований і філологічно опрацьований масив мовних даних, створений для розв'язання конкретних дослідницьких чи навчальних завдань [8]. Корпус відрізняється від звичайної електронної бібліотеки репрезентативністю, автентичністю, відібраністю, збалансованістю та читабельністю.

Термін data-driven learning запровадив Т. Джонс: студент постає не пасивним отримувачем готових правил, а дослідником мови, який самостійно виявляє закономірності використання слова, аналізуючи низку автентичних прикладів, дібраних за допомогою конкорданс-програми [9]. Технічною основою такого навчання є конкорданс у форматі «ключове слово в контексті» (KWIC). Метааналіз А. Боултона та Т. Кобба, що узагальнив результати шістдесяти чотирьох досліджень, засвідчив значний позитивний ефект корпусних методів у

навчанні мови, передусім у царині лексики й стійких словосполучень; водночас успіх залежить від підготовленості студентів до роботи з інструментом і регулярності практики [10].

Традиційний підхід має три обмеження, які корпусне навчання здатне компенсувати: брак кількості автентичних контекстів у підручнику; штучність ілюстративних речень; статичність друкованого матеріалу на тлі постійних змін живої мови. Дидактичний потенціал корпусу розкривається в чотирьох аспектах: інформаційному (доступ до статистично значущих даних про частотність і сполучуваність), пізнавальному (індуктивне виведення закономірностей), мотиваційному (дослідницька позиція студента) та автономізаційному (формування звички самостійно перевіряти мовні гіпотези).

На противагу традиційній моделі «трьох П» (презентація – практика – продукція) корпусне навчання спирається на модель «трьох І»: ілюстрація автентичними прикладами, взаємодія з даними та індукція правила самим студентом. На цій основі розроблено типологію вправ (табл. 1).

Таблиця 1 – Типологія вправ на основі корпусних даних

Тип вправи	**Методична мета**	**Приклад завдання**	**Рівень**
Упізнавання й сортування	Розвиток навички noticing	Згрупувати рядки конкордансу за значенням слова	A2–B1
Встановлення колокацій	Засвоєння типової сполучуваності	Визначити найчастотніші колокати дієслова	B1–B2
Заповнення пропусків	Закріплення виявлених закономірностей	Вставити слово / колокацію в автентичне речення	B1–B2
Частотний і ключовий аналіз	Усвідомлення частотності й характерності лексики	Укласти список ключових слів фахового тексту	B2–C1
Корпусне виправлення помилок	Розвиток самоконтролю слововикористання	Перевірити власне речення за зразками з корпусу	B2–C1

У реальній практиці різні типи вправ доцільно комбінувати в межах одного заняття, поступово ускладнюючи завдання від упізнавання до самостійного дослідницького пошуку. Ефективність вправи безпосередньо залежить від якості добору матеріалу. Корпусна лінгвістика дає змогу перетворити інтуїтивне судження викладача на вимірюваний показник.

Критеріями відбору лексичних одиниць виступають частотність, діапазон (range), ключовість (keyness) і сполучуваність. Частотність визначається за частотними списками репрезентативного корпусу; орієнтирами слугують General Service List М. Веста та Academic Word List А. Коксхед [11]. Діапазон показує, у скількох різних текстах трапляється слово. Ключовість виявляє одиниці, частотність яких у спеціалізованому корпусі статистично перевищує

їхню частотність у референтному корпусі загальної мови. Сполучуваність операціоналізується функцією Collocates у конкордансерах AntConc, Sketch Engine тощо.

Запропоновано послідовність укладання корпусно орієнтованого комплексу вправ: визначення навчальної мети й цільового переліку одиниць; добір або укладання релевантного корпусу текстів; генерування та попереднє відсіювання конкордансних рядків; конструювання вправ із поступовим ускладненням; апробація та корекція за зворотним зв'язком студентів.

Кінцева методична мета полягає не лише в засвоєнні конкретного переліку слів, а й у формуванні стійкої навички самостійно звертатися до автентичних мовних даних. Ця навичка є різновидом навчальної автономії. Її формування потребує поетапного нарощування самостійності.

На ознайомлювальному етапі викладач повністю бере на себе добір матеріалу, а студентові пропонуються готові рядки конкордансу з чіткими інструкціями. На керованому етапі студент уперше самостійно працює з конкордансером за покроковою інструкцією. На напівсамостійному етапі він обирає слова в межах теми, формулює власні дослідницькі запитання, зберігаючи можливість консультації. На дослідницькому етапі студент повністю самостійно визначає мету пошуку, добирає інструмент, формулює запити та інтерпретує результати, звертаючись до корпусу як до звичного джерела мовної довідки.

Важливим доповненням є рефлексивний компонент. Студент має розуміти, що будь-який корпус є лише вибіркою, обмеженою періодом, жанровим складом і обсягом, а висновки на її основі мають ступінь умовності. Практичним інструментом рефлексії може слугувати навчальний журнал корпусних спостережень, у якому фіксуються результати пошуків, сумніви та шлях виправлення помилкових гіпотез.

Наукова новизна полягає в систематизації розрізнених прийомів корпусного навчання лексики в цілісну типологію вправ, адаптовану до умов вітчизняної вищої школи; в обґрунтуванні системи критеріїв відбору лексичного матеріалу; у розробленні поетапної моделі формування навчальної автономії, доповненої рефлексивним компонентом. Власного педагогічного експерименту в межах роботи не проводилося; кількісна перевірка ефективності системи вправ залишається перспективою подальших досліджень.

Висновки. Лексична компетенція є системоутворювальним елементом іншомовної комунікативної компетентності: вона інтегрує знання, навички, мотиваційно-рефлексивне ставлення, а також обсяг і глибину словникового запасу. Звичайний «підручниковий» підхід має суттєві обмеження – брак автентичних контекстів і штучність ілюстративного матеріалу. Корпус забезпечує прямий доступ до статистично значущих масивів автентичного використання слів й створює умови для індуктивного, дослідницького засвоєння лексики.

Розроблена типологія вправ (упізнавання й сортування, встановлення колокацій, заповнення пропусків, частотний аналіз, корпусне виправлення помилок) дає змогу вибудувати послідовну систему роботи відповідно до моделі «трьох І». Добір матеріалу доцільно здійснювати за критеріями частотності, діапазону та сполучуваності. Чотириетапна модель формування навички самостійного лексичного аналізу забезпечує поступову передачу студентові функцій добору матеріалу, формулювання запиту й інтерпретації результатів.

Корпусне навчання є теоретично обґрунтованим і практично реалізованим засобом розвитку лексичної компетенції студентів за умови методично виваженої, поетапної організації навчального процесу.

Список використаних джерел

1. Загальноєвропейські Рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання / наук. ред. укр. вид. С. Ю. Ніколаєва. Київ : Ленвіт, 2003. 273 с.
2. Ніколаєва С. Ю. Основи сучасної методики викладання іноземних мов (схеми і таблиці) : навч. посіб. Київ : Ленвіт, 2008. 285 с.
3. Мукан Н., Горохівська Т., Ієвлєв О., Чубінська Н., Кобрин В. Структура іншомовної комунікативної компетентності майбутнього фахівця: понятєво-категорійний дискурс. Академічні візії. 2023. URL: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/738 (дата звернення: 10.09.2026).
4. Чернюк Т. Сутність і структура іншомовної комунікативної компетентності фахівця з фізичної культури і спорту. Витоки педагогічної майстерності. 2017. Вип. 19. С. 358–365.
5. Nation I. S. P. Learning Vocabulary in Another Language. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 477 p.
6. Schmitt N. Size and depth of vocabulary knowledge: What the research shows. Language Learning. 2014. Vol. 64, No. 4. P. 913–951.
7. Льовочкіна С., Лелеко В. Формування іншомовної лексичної компетенції в учнів середньої школи із застосуванням цифрових технологій. Причорноморські філологічні студії. 2025. Вип. 2, т. 2. С. 166–172.
8. Жуковська В. В. Вступ до корпусної лінгвістики : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. 142 с.
9. Johns T. Should you be persuaded: Two samples of data-driven learning. English Language Research Journal. 1991. Vol. 4. P. 16–45.
10. Boulton A., Cobb T. Corpus use in language learning: A meta-analysis. Language Learning. 2017. Vol. 67, No. 2. P. 348–393.
11. Coxhead A. A new academic word list. TESOL Quarterly. 2000. Vol. 34, No. 2. P. 213–238.
12. Сяська Н. В. Формування англомовної лексичної компетентності майбутніх учителів засобами автентичних поетичних текстів : дис. … канд. пед. наук : 13.00.02. Рівне, 2014. 228 с.

ПРОЄКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПЕДАГОГІЧНИХ УМОВ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ ДО СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ОСВІТНІХ РІШЕНЬ ЗАСОБАМИ LOW-CODE/NO-CODE

Заморока Вадим Володимирович
аспірант
Кафедра педагогіки та соціальної роботи
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, Україна

Анотація. Запропоновано спосіб проєктування організаційно-педагогічних умов підготовки майбутніх педагогів до створення цифрових освітніх рішень засобами Low-Code/No-Code. На основі цільового зіставлення наукових праць і рамки DigCompEdu конкретизовано організаційно-ресурсну, змістово-методичну та мотиваційно-ціннісну умови через навчальні дії, матеріали для оцінювання та показники результату. Розроблено проєкт аналітичної рубрики з чотирма критеріями, окремим обліком допомоги та завданням на перенесення вмінь. Авторський внесок полягає у поєднанні проєктування умов із процедурою перевірки готовності студента. Ефективність умов і діагностичні властивості рубрики потребують емпіричної перевірки.

Ключові слова: майбутні педагоги, організаційно-педагогічні умови, Low-Code/No-Code, Citizen Development, цифрові освітні рішення, оцінювання готовності.

Введення. Під час підготовки до уроку педагог добирає матеріали, адаптує завдання й опрацьовує відповіді учнів. Технології Low-Code/No-Code (LCNC) дають змогу створювати цифрові рішення за допомогою візуальних конструкторів і готових компонентів із мінімальним написанням програмного коду або без нього. Проте працездатність зібраного за інструкцією процесу ще не засвідчує здатності студента самостійно визначити педагогічну задачу, обрати спосіб її розв’язання та перевірити результат. У професійній підготовці постає проблема узгодження умов навчання з тим, що саме вважати проявом такої готовності.

S. McHugh, N. Carroll і C. Connolly досліджують сприйняття Citizen Development учителями та можливості його впровадження в освіті [1]. Їхня праця дає підстави розглядати LCNC-підготовку в контексті професійних потреб і ставлення педагогів до технологій, однак результати роботи з учителями не можна безпосередньо переносити на майбутніх педагогів. DigCompEdu пов’язує цифрову компетентність із добором, створенням і захистом ресурсів, організацією навчання та оцінюванням [2]. Ці напрями задають педагогічні орієнтири для оцінки цифрового рішення, але потребують конкретизації щодо його самостійного конструювання засобами LCNC.

Р. Момот, А. Юрченко й О. Семеніхіна розглядають блок-схему як проміжну ланку між словесним описом задачі та програмною реалізацією [3]. Д. Чурсінов акцентує на формуванні ШІ-грамотності майбутніх учителів [4]. Зіставлення цих підходів дає змогу поставити конкретне питання: як пов'язати доступ до засобів розроблення, методику роботи й професійну мотивацію з перевіркою самостійності студента? У цій роботі таку конкретизацію здійснюємо для навчальних процесів, що поєднують форми, таблиці, шаблони документів та, за потреби, засоби ШІ.

Мета та задачі дослідження. Мета — розробити теоретико-методичну пропозицію щодо проєктування організаційно-педагогічних умов LCNC-підготовки та оцінювання її практичного результату. Задачі: визначити робоче розуміння готовності; пов'язати кожну умову з навчальними діями й матеріалами для оцінювання; запропонувати критерії та процедуру перевірки самостійного виконання педагогічної задачі.

Методи дослідження. Застосовано цільове зіставлення чотирьох джерел за їхнім внеском у розуміння професійного контексту LCNC, цифрової компетентності, моделювання процесів і відповідального використання ШІ. Це зіставлення не є систематичним оглядом літератури. Методичне проєктування виконано в послідовності: педагогічна задача — необхідні дії студента — умови їх виконання — матеріали, за якими можна оцінити результат. Операціоналізація полягає в описі спостережуваних показників готовності. Збирання емпіричних даних і перевірку ефективності умов у межах цієї роботи не здійснювали.

Результати дослідження і їх обговорення. Під готовністю до створення цифрових освітніх рішень засобами LCNC розуміємо поєднання професійної вмотивованості та здатності визначати педагогічну задачу, моделювати процес, конструювати й перевіряти рішення, пояснювати його обмеження. Для діагностики пропонуємо розмежувати мотиваційно-ціннісний складник і практичну спроможність. Перший потребує окремого вивчення; працездатний продукт або висока самооцінка самі по собі не доводять сформованості обох складників.

Організаційно-ресурсну умову конкретизуємо як створення навчального середовища з доступними LCNC-інструментами, тестовими даними, керованими правами доступу та збереженням версій. Її призначення — забезпечити можливість самостійно виконати й відтворити весь процес. Студент має бачити, звідки надходять дані, кому вони доступні та як перевірити наслідки зміни налаштувань. Специфічними для цього завдання є перевірка передавання даних між компонентами й повторного запуску процесу.

Змістово-методичну умову визначаємо як організацію послідовного переходу від аналізу педагогічної задачі до моделювання, реалізації, тестування та зміни рішення. Блок-схему використовуємо для пояснення зв'язків між діями, спираючись на положення праці [3]. Завдання поступово змінюються: від розбору зразка до модифікації його логіки та самостійного розв'язання нової

задачі. Для LCNC це означає опанування логіки даних, умов запуску й перевірки результату поряд із роботою в інтерфейсі конструктора.

Мотиваційно-ціннісну умову конкретизуємо як залучення студента до вибору професійно значущої задачі та обґрунтування меж автоматизації. Викладач поступово зменшує підтримку, залишаючи студенту вибір способу реалізації. Під час рефлексії студент пояснює, яку потребу педагога задовольняє рішення, коли його використання недоцільне та які дії залишаються відповідальністю вчителя. Ці пояснення є матеріалом для аналізу професійних мотивів, але не замінюють окремої діагностики мотивації.

Зв'язок між умовами та матеріалами для оцінювання подано в таблиці 1. Він є авторською методичною пропозицією, сформованою на основі зіставлення джерел [1–4]. Кожна умова може підтримувати декілька результатів; таблиця не встановлює ізольованого причинного впливу окремої умови.

Таблиця 1. Умови LCNC-підготовки та матеріали для оцінювання

Умова	**Навчальна дія**	**Матеріал і показник результату**
Організаційно-ресурсна	Налаштувати тестовий процес; перевірити права доступу й повторний запуск.	Робоча версія та журнал перевірок: процес відтворюється; дані передаються коректно; помилку можна виявити.
Змістово-методична	Описати задачу, побудувати схему, створити рішення та змінити його за новою вимогою.	Опис задачі, схема й продукт: реалізація відповідає задуму; студент пояснює та змінює логіку роботи.
Мотиваційно-ціннісна	Обґрунтувати вибір задачі, користь і межі автоматизації; проаналізувати власні рішення.	Рефлексивне пояснення: названо професійну потребу, межі застосування й відповідальність учителя.

Для перевірки практичної спроможності пропонуємо індивідуальний кейс підготовки матеріалів уроку. Студент отримує фрагмент навчальної програми, очікувані результати, тему, дозволені навчальні матеріали та тестову форму запиту. Потрібно створити процес передавання даних із форми до таблиці та формування чернетки документа за шаблоном. Якщо використано ШІ, студент перевіряє згенерований зміст і позначає етап затвердження вчителем; без ШІ оцінюються ті самі основні критерії. Результатами виконання є схема процесу, працездатна версія, протокол тестування й коротке пояснення рішень.

Проєкт аналітичної рубрики охоплює чотири критерії. Педагогічна відповідність: у рішенні простежується зв'язок між задачею, очікуваним результатом та умовами уроку. Логіка проєктування: визначено вхідні дані, послідовність дій, умови й результат; схема узгоджена з реалізацією. Функціональна коректність: перевірено коректний запис, пропущене обов'язкове поле та повторне надсилання форми; повтор не створює неконтрольованих дублікатів. Відповідальне використання: зазначено

походження матеріалів, обмежено доступ до даних і визначено дії, які потребують педагогічної перевірки.

Для кожного критерію передбачено три попередні оцінки: 0 — показник не продемонстровано або результат містить критичну помилку; 1 — продемонстровано частково, залишаються суттєві недоліки; 2 — продемонстровано в межах заданих вимог, результат підтверджено продуктом і поясненням. Наприклад, за критерієм функціональної коректності оцінку 2 передбачено за проходження всіх трьох тестів; 1 — коли типовий сценарій працює, але є помилки в граничних випадках; 0 — коли типовий сценарій не працює або немає відтворюваного рішення. Критичні помилки слід визначати в інструкції до кейсу до початку оцінювання.

Обсяг допомоги фіксуємо окремо: виконання лише за умовою завдання; виконання після загальної підказки; виконання з покроковою допомогою або готовою схемою. Самостійне звернення до дозволеної документації реєструємо, але не прирівнюємо до покрокової допомоги викладача. Результат подаємо як профіль чотирьох оцінок із зазначенням підтримки. Порогів «низького», «середнього» й «високого» рівнів готовності поки не встановлюємо: для них потрібне окреме обґрунтування. Висока якість продукту, створеного з істотною допомогою, не є достатньою підставою для висновку про самостійність.

Завдання на перенесення передбачає зміну педагогічної вимоги без надання готової схеми: наприклад, формування двох варіантів матеріалу для груп із різними навчальними потребами. Студент має пояснити зміну даних і логіки процесу, реалізувати її та повторити перевірки. Таке завдання дає можливість відрізняти відтворення зразка від його усвідомленого перетворення. Для подальшої апробації необхідні експертна перевірка відповідності критеріїв меті підготовки, пілотне виконання кейсу та зіставлення оцінок двох оцінювачів. Порівняння результатів до й після навчання потребує співмірних завдань і однакових правил надання допомоги.

Обмеження пропозиції пов’язані з цільовим добором джерел і використанням одного типу кейсу. Вона не охоплює всіх цифрових освітніх рішень і не підтверджує достатності трьох умов для різних педагогічних спеціальностей. Авторський внесок полягає в узгодженні умов із навчальними діями та профілем оцінювання, а також у розмежуванні якості продукту, обсягу підтримки й мотивації. Це створює конкретний предмет для наступної емпіричної перевірки.

Висновки. Розроблено теоретико-методичну пропозицію, у якій організаційно-ресурсна, змістово-методична та мотиваційно-ціннісна умови конкретизовані через дії студента й матеріали для оцінювання. Запропоновані кейс, чотири критерії, облік допомоги та завдання на перенесення дають змогу проєктувати перевірку практичної спроможності окремо від аналізу мотивації. Наступним етапом має бути апробація завдань і рубрики, після якої можна уточнювати показники та досліджувати результативність умов у професійній підготовці майбутніх педагогів.

Список використаних джерел

1. McHugh S., Carroll N., Connolly C. Low-Code and No-Code in Secondary Education—Empowering Teachers to Embed Citizen Development in Schools. Computers in the Schools. 2024. Vol. 41, no. 4. P. 399–424. DOI: 10.1080/07380569.2023.2256729.
2. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu / ed. Y. Punie. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017. DOI: 10.2760/159770.
3. Момот Р., Юрченко А., Семеніхіна О. Візуальне моделювання блок-схем у професійній підготовці вчителів інформатики. Освіта. Інноватика. Практика. 2025. Т. 13, № 7. С. 84–89. DOI: 10.31110/2616-650X-vol13i7-012.
4. Чурсінов Д. Г. Формування ШІ-грамотності майбутніх учителів як педагогічна проблема. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота». 2025. Вип. 1 (56). С. 264–267. DOI: 10.24144/2524-0609.2025.56.264-267.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.016.233-236

АКТУАЛІЗАЦІЯ МІФОЛОГЕМИ САКРАЛЬНІ ЗНАННЯ НЕОЛЕКСЕМОЮ З ПРЕФІКСОМ ПРА- У МІФОСВІТІ ПОЕЗІЇ «ДОКОПУЮСЬ ДО КОРЕНЯ РЕЧЕЙ» О. ДОВГОГО

Строкаль Олександр
к. філол.н., асистент
Кафедра української мови та прикладної лінгвістики
ННІФ КНУ імені Тараса Шевченка, Україна

Текст художнього твору є тією особливою формою взаємодії між автором і читачем, у якій за допомогою численних мовно-образних конструкцій із надзвичайно глибоким символізмом закодовано своєрідну медитативну практику реципієнта – його цілковите занурення у світ авторського слова зі своїми правилами, закономірностями й образами.

Аналізуючи роль тексту як експліканта художньо-словесної творчості певного митця та засобу комунікації в діалозі «автор-читач», ми з'ясували, що художнє мовлення виконує, передусім, естетико-комунікативну функцію осмислення явищ довкілля в конкретно-чуттєвих формах і образах [7]. Однак, розглядаючи текст із позиції його образного наповнення та оприявлення в ньому засобами мови численних внутрішньотекстових законів, розуміємо, що переосмислена в такий спосіб об'єктивна реальність не лише набуває виразно суб'єктивного (авторського) регістру, а й стає самодостатньою, відкритою до

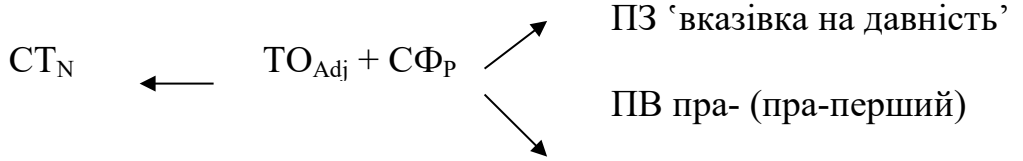
інтерпретацій і водночас закритою структурно системою. Зауважимо, що в такій створеній мистцем слова реальності відсутня або практично відсутня так звана «інформаційна недостатність об'єктивного світу», – тут усі компоненти й мотиви експліковано, усім взаємозв'язкам і відношенням між ними надано оцінку. Саме така цілісність структури, незмінний механізм взаємодії її складників, цілковита вичерпність пояснень будь-якого явища всередині означеної системи дозволяє нам провести певну паралель між художнім простором автора, а радше топосом в усій сукупності його компонентів, оцінок, асоціацій і алюзій, обмеженим окремим текстом чи текстами, та міфом. Останній, за словами І. Костюк, задовольняє потребу в цілісному знанні про світ, організовує та регламентує життя суспільної людини (на ранніх етапах історії – повністю, на пізніших – разом з іншими формами ідеології, наукою та мистецтвом) [6, с. 370]. Подібну ж функцію, вважаємо, виконує художній текст щодо світу авторського. Розглядаючи перший під таким кутом зору, бачимо, що, як і міф, авторський текст (або об'єднані єдиним мотивом тексти) є сюжетно і тематично цілісною нарацією про особливості організації світу та місце індивіда в ньому, про героїчне і нице, красиве і потворне, подорож і повернення та ін. з тією відмінністю, що озвучений жрецем міф реципієнти сприймали як реальність, у яку інтегровано і їхній мікросвіт, тоді як літературний текст усвідомлюється ними як творча інтерпретація.

Зв'язок авторського тексту й міфу має довгу історію – від фольклорних деперсоналізованих із практично цілковитою відсутністю втручань із боку інтерпретатора до повністю вихолощених від будь-яких натяків на міфологізм текстів. Однак, у XX ст. можемо спостерігати тенденцію до так званої «реміфологізації», зумовленої зручністю опису мовою міфології культурно детермінованих моделей особистості й поведінки [1, с. 49].

Як зазначає О. Кобзар, письменники по-різному позначають зв'язок із міфом, наприклад через залучення до твору імен міфологічних персонажів (починаючи з його назви) або через посилання на міфологічний контекст. Почасти вони вводять у текст міфологічну деталь (мотив, образ), які містять ключ для розуміння твору, посилаючись на стійкість міфологічного субстрату [5, с. 162]. У поетичній мові Олексія Довгого в більшості випадків апелювання до міфологічності реалізовано шляхом вербалізації численних образів та мотивів, які мають відповідники у соціокультурній міфологічній свідомості українців. Уживані в художньому контексті такі одиниці стають авторськими міфологемами – художньо й поетично переосмисленими реаліями, які, однак, для ліричного героя поета цілком виправдано існують у вигляді космологічних констант, обмежених, певна річ, топосом певної поезії або збірки.

Прикладом для аналізу може стати міфологема сакральні знання, яка в поетовому міфосвіті є складником сакрально-терапевтичного топосу життєдайного минулого. У вербальній репрезентації в поезії «Докопуюсь до кореня речей» її можуть представляти власне іменникові (корінь речей) та іменниково-прикметникові конструкції (праперша причина). Нашу увагу

привертає авторська неолексема «праперший», утворена префіксальним способом деривації за такою моделлю:



Зважаючи на семантику префікса пра-, який вказує на давність або віддалення і оцінюється дослідниками як непоширений [3, с. 373], а також завдяки художньому контексту, дещо узагальнене значення морфеми конкретизується і неолексема починає виконувати функцію атрибута образу причини, імовірно, асоційованої з початком якого-небудь явища. Вертикальний контекст двох перших рядків строфи дозволяє говорити про введення митцем у текст образу початку світу за допомогою конструкції «корінь речей», де лексема «корінь» актуалізує символіку початку, сталості та зв’язку з родом [4, с. 306].

Контекст усієї строфи дає змогу вести мову не лише про пошук ліричним героєм причини появи усього сущого – асоціативний ряд образу кореня доповнюють образи річки та дитини, репрезентовані відповідними лексемами, а й сакралізувати окреслений топос, читаємо: «Докопуюсь до кореня речей, / До точної, прапершої причини. / І світ до мене річкою тече, / Дитиною стоїть перед очима» [2, с. 47]. Так, ріка у світовій міфології часто символізує рух часу або ж плин життя, вона уявляється у вигляді чотирьох райських потоків, які плинуть від Дерева Життя [8, p. 414]. Лексема «дитина», з одного боку, задає локалізацію на часовій осі (дитинство), а з іншого – додатково у кореляції зі словосполуками «праперша причина», «перший порух» символізує першопочаток. Останній, завдяки актуалізації в контексті образів кореня та ріки, масштабується на всесвітній простір і, як наслідок, образно відтворює мотив Світового Дерева як міфологічного центру Всесвіту.

Подальший контекст вірша репрезентує трансформацію світогляду ліричного героя (іменниково-дієслівна сполука «переламую душу») внаслідок взаємодії з означеним топосом на візуальному (лексеми «дивлюсь», «бачу»), акустичному (вслухаюсь), кінестетичному (порух, ритмічність) та когнітивному (дигітальному) (пізнаю) рівнях, напр.: «Дивлюсь. Вслухаюсь. Бачу. Пізнаю / І перший порух, і чітку ритмічність. / І душу переламую свою, / Щоб подив мій не перейшов / у звичність» [2, с. 47].

У результаті актуалізації митцем зазначених вище художньо-поетичних образів (корінь, ріка, дитина) у віршовому контексті реалізується мотив сакрально-терапевтичного топосу життєдайного минулого (або початку), який у розгляданій поезії інтерпретується ліричним героєм як праоснова всього сущого з інтегрованою в нього міфологемою сакральні знання про початок світу.

Список використаних джерел

1. Демчук, Р. (2017). Міфопоетика як культурний топос та культурологічний метод. Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв, 3, 48–52. https://nbuv.gov.ua/UJRN/vdakkkm_2017_3_12 .

2. Довгий, О. (2009). Вибрані твори: Т. 2. Дихання вічності. Восьмивірші. Укр. письменник.
3. Полюга, Л. (2001). Словник українських морфем. Львів: Світ.
4. Жайворонок, В. (2006). Знаки української етнокультури : словник-довідник. Київ.
5. Кобзар, О. (2015). Методологія міфопоетичного аналізу художнього твору (на прикладі міфологічної драми). Літературний процес: методологія, імена, тенденції, 5, 162–165. https://litp.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/154 .
6. Костюк, І. (2010) Міф як соціокультурний феномен: функціональне навантаження. Вісник Львівської національної академії мистецтв, (21), 367–378. https://lnam.edu.ua/files/Academy/nauka/visnyk/pdf_visnyk/21/35.pdf
7. Строкаль, О. (2011). Текст: від авторського втілення до читацького сприйняття. Українське мовознавство, 1(41), 271–274. https://www.academia.edu/38086388/The_text_from_authors_incarnation_to_readers_perception .
8. Tresidder, J. (2017). Complete dictionary of symbols. Sausalito: Sausalito Public Library. https://archive.org/details/completedictiona00jack .

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING IN INCLUSIVE EDUCATION: PERSONALIZED SUPPORT FOR STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS

Sabina Balakishi Maharramova
Lecturer
ORCID: 0009-0001-6871-9447
Department of Special Education
Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

Abstract. Artificial intelligence (AI) is rapidly entering inclusive and special education through adaptive learning systems, speech and text technologies, automated feedback, communication supports, and data-informed planning. Yet technological availability alone does not guarantee inclusion. This analytical review examines how AI can be combined with Universal Design for Learning (UDL) to support students with special educational needs while preserving teacher judgement, learner agency, accessibility, and data protection. The paper synthesizes recent systematic reviews, meta-analyses, international guidance, and empirical studies published mainly between 2022 and 2025. Evidence indicates that AI-supported tools can strengthen personalization, access to content, communication, writing support, engagement, and selected cognitive or behavioral outcomes. At the same time, implementation is constrained by teacher preparedness, infrastructure, algorithmic bias, privacy risks, and

the danger of over-automating educational decisions. A human-centred AI–UDL framework is proposed in which learner needs and barriers are identified first, multiple means of engagement, representation, and action/expression are designed second, and AI is used only as an adaptive layer under professional supervision. Two planning indices are introduced to help schools evaluate expected support and implementation risk. The paper concludes that responsible AI in special education should function as an assistive pedagogical partner rather than a substitute for teachers, individualized education planning, or human relationships.

Keywords: artificial intelligence; special education; inclusive education; Universal Design for Learning; students with disabilities; assistive technology; teacher competence

1. Introduction

Inclusive education is grounded in the right of learners with disabilities to participate in education without discrimination and on the basis of equal opportunity. Article 24 of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities places this responsibility on education systems, while UNESCO has repeatedly emphasized that inclusion requires systems to respond to learner diversity rather than treating difference as a problem to be removed (United Nations, 2006; UNESCO, 2020). In practice, however, students with special educational needs may still encounter barriers in accessing curriculum content, communicating what they know, sustaining attention, organizing written work, and participating in classroom interaction.

Digital and assistive technologies have long been used to reduce such barriers. A systematic review by Fernández-Batanero et al. (2022), covering 31 empirical studies, concluded that assistive technology can improve accessibility and inclusion for students with disabilities, although teacher training, awareness, and access remain persistent obstacles. The recent expansion of artificial intelligence adds a new layer to this field. AI-supported systems can modify task difficulty, generate alternative representations, provide immediate feedback, transform speech to text or text to speech, support augmentative communication, and assist teachers in planning differentiated instruction. Recent reviews report promising applications across personalized learning, cognitive and behavioral intervention, communication, emotional support, and physical independence (Hussein et al., 2025; Voultsiou & Moussiades, 2025).

The educational value of AI nevertheless depends on pedagogy. Generative systems may produce inaccurate information, reinforce bias, expose sensitive learner data, or encourage dependence when they are used without clear instructional purposes. UNESCO's guidance therefore recommends a human-centred approach that protects agency, privacy, equity, cultural and linguistic diversity, and age-appropriate use (Miao & Holmes, 2023). These concerns are particularly important in special education because learner profiles often include sensitive educational and health-related information, and because automated recommendations can influence expectations about a student's ability. This paper argues that Universal Design for Learning provides a useful pedagogical structure for placing AI inside, rather than above, inclusive teaching.

The aim of the study is to synthesize recent evidence on AI in special and inclusive education and to propose a practical AI–UDL framework for personalized support. Three questions guide the analysis: (1) Which educational functions of AI are most relevant to students with special educational needs? (2) Which conditions make AI-supported inclusion more pedagogically and ethically defensible? and (3) How can schools balance expected benefits against implementation risks when planning AI-supported interventions?

2. Universal Design for Learning as a Pedagogical Foundation

Universal Design for Learning is a framework for proactively designing learning environments that respond to learner variability. CAST's UDL Guidelines 3.0, released in 2024, emphasize learner agency and the reduction of barriers rooted not only in individual differences but also in bias and systems of exclusion (CAST, 2024). The framework organizes instructional design around multiple means of engagement, representation, and action and expression. These principles are especially relevant when teachers work with heterogeneous classes that include students with learning disabilities, autism spectrum disorder, attention difficulties, sensory disabilities, communication needs, or other support requirements.

The empirical base for UDL is growing. King-Sears et al. (2023) synthesized 20 studies and 50 effects and found a moderate positive combined effect on academic achievement ($g = 0.43$) for learners receiving UDL-based instruction compared with business-as-usual conditions. Another systematic review and meta-analysis by Mohaidat and Al-Makhzoomy (2023) also reported positive effects across educational settings, while noting substantial heterogeneity. At the same time, Zhang et al. (2024) showed that implementation remains challenging when educators lack time, organizational support, clarity about the framework, or opportunities to translate UDL principles into concrete design decisions. Therefore, AI should not be treated as an alternative to instructional design; its value is strongest when it helps teachers operationalize flexible pathways already justified by UDL.

From this perspective, AI can serve four complementary functions. First, it can vary representation through simplified text, audio, captions, visual descriptions, vocabulary scaffolds, and multilingual support. Second, it can vary action and expression by supporting speech-to-text, predictive writing, structured prompts, alternative response formats, and communication aids. Third, it can support engagement by adjusting practice difficulty, pacing, feedback timing, and choice. Fourth, it can support teacher decision-making by summarizing formative evidence and suggesting adaptations. Each function must remain subject to teacher review because automated outputs are probabilistic and may not reflect a learner's educational history, preferences, cultural context, or individualized goals.

3. Method

This paper uses an analytical narrative review design. Priority was given to peer-reviewed systematic reviews, meta-analyses, and empirical studies on AI, assistive technology, UDL, inclusive education, and special education, together with international policy and competency frameworks. Sources published mainly from 2022

to 2025 were selected because the rapid development of generative AI makes older technology evidence insufficient on its own. The synthesis did not pool new effect sizes and does not claim to be a PRISMA systematic review. Instead, it identifies convergent findings and implementation conditions that are directly relevant to special education practice. To avoid false precision, the proposed indices below are planning heuristics intended for local evaluation; they are not validated psychometric scales.

Table 1. Evidence-informed AI support areas in inclusive and special education

Support area	Examples of AI-enabled support	Potential educational value	Main safeguards
Adaptive instruction	Difficulty adjustment, stepwise hints, individualized practice	More responsive pacing and scaffolding; reduced task mismatch	Teacher-set goals; transparent criteria; no automated placement decisions
Access to content	Text-to-speech, speech-to-text, captions, image description, simplified language	Improved access for learners with sensory, language, reading, or motor barriers	Accuracy checking; accessible interface; preserve original meaning
Writing and communication	Planning prompts, word prediction, AAC support, feedback on drafts	Supports idea generation, organization, expression, and participation	Avoid ghostwriting; protect authorship; teach verification and revision
Engagement and self-regulation	Adaptive feedback, goal reminders, choice of task format	May increase persistence, autonomy, and feedback responsiveness	Avoid manipulative personalization; monitor cognitive load and dependency
Teacher planning	Drafting differentiated tasks, rubrics, alternative explanations, progress summaries	Can reduce routine workload and expand instructional options	Professional review is mandatory; never upload unnecessary sensitive data
Social/behavioral support	Structured scenarios, emotion-recognition aids, rehearsal environments	Potential support for communication and targeted practice	Human interaction remains central; avoid surveillance and reductive labeling

4. Findings and Discussion

Recent literature converges on personalization and accessibility as the strongest practical rationales for AI in special education. Hussein et al. (2025) reviewed 15 studies published between 2019 and 2024 and identified applications in personalized learning, cognitive and behavioral interventions, communication, emotional support, and physical independence. Voultsiou and Moussiades (2025), in a broader review of 139 studies involving AI, virtual reality, and large language models, similarly highlighted personalized learning, social engagement, and cognitive development, while also stressing ethical and resource constraints. A review by Melo-López et al. (2025) concluded that AI can improve accessibility through adapted materials and can

support personalization, but implementation must account for ethics and equitable access. Together, these findings indicate that AI is most defensible when it removes a specific barrier that has already been identified by the teacher and learner.

A second finding concerns the importance of teacher competence. AI does not make special education less professional; it increases the need for professional judgement. UNESCO's AI Competency Framework for Teachers defines competencies across a human-centred mindset, ethics, AI foundations and applications, AI pedagogy, and AI for professional learning (Miao & Cukurova, 2024). Evidence from inclusive education more broadly supports investment in teacher learning. Donath et al. (2023), synthesizing 342 studies with more than 155,000 participants, found positive effects of professional development on teachers' knowledge ($g = 0.93$), skills ($g = 0.49$), beliefs ($g = 0.23$), and student behavior ($g = 0.37$). For AI specifically, Goldman et al. (2025) surveyed 420 special education teachers and found that AI use in writing instruction was still limited; teacher attitudes, current AI-related practice, and preparation to integrate technology were significant predictors of use, with the final model explaining about 53% of the variance. This suggests that access to tools without structured professional development is unlikely to produce high-quality implementation.

A third finding is that AI should be aligned with UDL before individual remediation is intensified. Traditional technology use can become reactive: a learner encounters difficulty, a tool is added, and the underlying design of the lesson remains unchanged. UDL reverses this sequence by asking which barriers can be anticipated for many learners at the design stage. AI can then increase flexibility inside a universally designed lesson. For example, a teacher may provide a common concept through print, audio, a diagram, and guided vocabulary, while an AI tool adjusts the reading level or generates an additional worked example for a learner who needs it. Likewise, the class may demonstrate learning through written, oral, visual, or supported digital products, while AI provides speech recognition or planning assistance. Such use strengthens access without unnecessarily isolating the student from shared learning goals.

A fourth finding concerns ethical proportionality. Students with special educational needs may benefit from intensive personalization, but intensive personalization can require intensive data collection. This creates a tension between educational usefulness and privacy. UNESCO (Miao & Holmes, 2023) advises institutions to protect personal data and validate the ethical and pedagogical appropriateness of generative AI systems. In special education, this means schools should apply data minimization, avoid uploading diagnostic reports or individualized education plans to public AI systems unless formally approved, and ensure that any automated suggestion can be challenged by teachers, families, and where appropriate, students. Bias is equally important: systems trained on majority-language or non-disabled populations may misinterpret atypical speech, communication styles, writing patterns, or behavior. Therefore, human review is not a final administrative step; it is a core component of inclusive AI practice.

5. A Human-Centred AI–UDL Planning Framework

The proposed framework begins with barriers and educational goals rather than with available technology. Teachers first identify the learner's strengths, preferences, access needs, and curriculum goals. They then design UDL options for engagement, representation, and action/expression. Only after these steps is AI selected as an adaptive support. The output is reviewed by the teacher, implemented in a limited and observable way, and evaluated using learner performance, participation, and feedback. The cycle is repeated only when the evidence suggests that the adaptation is beneficial.

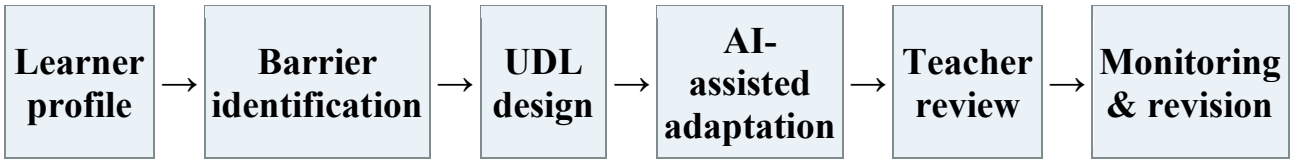


Figure 1. Human-centred AI–UDL cycle for special education

A simple school-level planning index can be used to compare proposed supports before implementation. Let z represent standardized ratings of accessibility, pedagogical fit, learner agency, and feasibility, and let w represent locally assigned importance weights. The proposed Inclusive AI Support Index (IASI) is:

$$\mathrm{IASI_j} = \frac{\sum_{k=1}^{m} w_k z_{jk}}{\sum_{k=1}^{m} w_k} \quad (1)$$

where **IASI** is interpreted comparatively within the same school or intervention planning process. Higher values indicate a stronger expected fit between the proposed AI support and inclusive educational goals. The score should then be adjusted for implementation risk:

$$\mathrm{RAS_j} = \mathrm{IASI_j} \times (1 - \mathrm{R_j}) \quad (2)$$

$$\mathrm{R_j} = \frac{\mathrm{P_j} + \mathrm{B_j} + \mathrm{D_j}}{3} \quad (3)$$

In Equations (2)–(3), **RAS** denotes the risk-adjusted support score, while P, B, and D represent normalized ratings for privacy risk, bias/misclassification risk, and digital exclusion risk, respectively. All risk components are scaled from 0 to 1. These equations are not validated measurement instruments; they are decision prompts that force teams to consider both benefit and risk before adopting a tool.

6. Practical Implications for Special Education

For classroom practice, the central principle is 'pedagogy first, AI second.' A teacher should be able to state which barrier an AI tool is intended to reduce and how success will be observed. If a student with dyslexia receives AI-supported text simplification, the goal should not be permanent simplification of all curriculum content; it may be temporary access to key ideas while explicit reading instruction continues. If speech-to-text supports a student with motor or transcription difficulties, the tool should expand expressive access without replacing instruction in planning, vocabulary, and revision. If a generative tool supports writing, the teacher should define which stages may be assisted and which evidence must remain the student's own work.

At the institutional level, special education departments should develop an approved set of tools, privacy rules, and teacher guidance rather than relying on

individual experimentation. Selection criteria should include accessibility, language support, data practices, age appropriateness, compatibility with assistive technologies, transparency, and the possibility of disabling unnecessary data collection. Schools should also include families and students in decisions that materially affect learning pathways. For high-stakes decisions—diagnosis, eligibility, placement, grading, disciplinary action, or changes to individualized education goals—AI should never act as the sole decision-maker.

Teacher education is equally important. Special education programs should integrate AI literacy into existing courses on assessment, instructional adaptation, assistive technology, behavior support, and inclusive pedagogy. Training should include practical cases in which teachers compare an AI-supported adaptation with a non-AI alternative and justify which option better protects learner agency. This is consistent with UNESCO's teacher competency framework and with meta-analytic evidence showing that sustained, practice-relevant professional development is more likely to transfer into classroom behavior (Donath et al., 2023; Miao & Cukurova, 2024).

7. Limitations and Future Research

The present paper is an analytical narrative review rather than a registered systematic review or meta-analysis. Its purpose is to connect recent evidence with a practical framework for special education, not to estimate a new pooled treatment effect. The literature itself also has important limitations. Many AI studies in special education use small samples, short intervention periods, single-disability groups, or prototype technologies. Rapid changes in generative AI additionally mean that findings about one system may not generalize to later versions. Future research should therefore prioritize longitudinal and classroom-based designs, report disability and accessibility characteristics transparently, and compare AI-supported instruction with strong non-AI alternatives rather than with weak control conditions.

A further priority is participation. Students with disabilities, families, special educators, speech and language specialists, psychologists, and accessibility experts should be included in the design and evaluation of AI-supported learning systems. Research should measure not only test performance but also participation, independence, self-advocacy, communication quality, cognitive load, and unintended dependence on automation. Cross-linguistic studies are especially needed because speech recognition, text simplification, and language generation may perform differently in less-resourced languages. Finally, the proposed IASI and risk-adjusted score require empirical validation before they can be used beyond local planning. Validation studies could examine inter-rater reliability, sensitivity to context, and whether higher scores actually predict better learner outcomes and safer implementation.

8. Conclusion

Artificial intelligence can widen the repertoire of supports available in inclusive and special education, but it does not by itself create inclusion. The strongest current evidence supports cautious optimism: AI and related assistive technologies can

enhance personalization, accessibility, communication, engagement, and selected learning outcomes, while UDL offers a coherent framework for ensuring that these supports are embedded in flexible instructional design rather than attached as isolated remedies. The main conditions for responsible implementation are teacher competence, human oversight, accessibility, privacy protection, bias awareness, and continuous evaluation of whether the technology strengthens genuine participation. For special educators, the most productive role of AI is therefore that of an assistive pedagogical partner—one that extends professional capacity while leaving educational purpose, relationships, and final decisions in human hands.

References

1. CAST. (2024). CAST Universal Design for Learning Guidelines version 3.0. https://udlguidelines.cast.org/
2. Chalkiadakis, A., Seremetaki, A., Kanellou, A., Kallishi, M., Morfopoulou, A., Moraitaki, M., & Mastrokoukou, S. (2024). Impact of artificial intelligence and virtual reality on educational inclusion: A systematic review of technologies supporting students with disabilities. Education Sciences, 14(11), 1223. https://doi.org/10.3390/educsci14111223
3. Donath, J. L., Lüke, T., Graf, E., Tran, U. S., & Götz, T. (2023). Does professional development effectively support the implementation of inclusive education? A meta-analysis. Educational Psychology Review, 35, 30. https://doi.org/10.1007/s10648-023-09752-2
4. Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2022). Assistive technology for the inclusion of students with disabilities: A systematic review. Educational Technology Research and Development, 70, 1911–1930. https://doi.org/10.1007/s11423-022-10127-7
5. Goldman, S. R., Smith, S. J., & Carreon, A. (2025). Special education teachers' use of AI to support students with disabilities in writing. Frontiers in Education, 10, 1710974. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1710974
6. Hussein, E., Hussein, M., & Al-Hendawi, M. (2025). Investigation into the applications of artificial intelligence (AI) in special education: A literature review. Social Sciences, 14(5), 288. https://doi.org/10.3390/socsci14050288
7. King-Sears, M. E., Stefanidis, A., Evmenova, A. S., Rao, K., Mergen, R. L., Owen, L. S., & Strimel, M. M. (2023). Achievement of learners receiving UDL instruction: A meta-analysis. Teaching and Teacher Education, 122, 103956. https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103956
8. Li, J., Yan, Y., & Zeng, X. (2025). Exploring artificial intelligence in inclusive education: A systematic review of empirical studies. Applied Sciences, 15(23), 12624. https://doi.org/10.3390/app152312624
9. Melo-López, V.-A., Basantes-Andrade, A., Gudiño-Mejía, C.-B., & Hernández-Martínez, E. (2025). The impact of artificial intelligence on inclusive education: A systematic review. Education Sciences, 15(5), 539. https://doi.org/10.3390/educsci15050539

10. Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084
11. Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://doi.org/10.54675/EWZM9535
12. Mohaidat, M. A., & Al-Makhzoomy, A. K. (2023). The effectiveness of universal design for learning: A systematic review of the literature and meta-analysis. Cogent Education, 10(1), 2218191. https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2218191
13. United Nations. (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Article 24: Education. United Nations.
14. UNESCO. (2020). Global education monitoring report 2020: Inclusion and education—All means all. UNESCO.
15. Voultsiou, E., & Moussiades, L. (2025). A systematic review of AI, VR, and LLM applications in special education: Opportunities, challenges, and future directions. Education and Information Technologies, 30, 19141–19181. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13550-4
16. Zhang, L., Carter, R. A., Jr., Greene, J. A., & Bernacki, M. L. (2024). Unraveling challenges with the implementation of Universal Design for Learning: A systematic literature review. Educational Psychology Review, 36, 35. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09860-7

WEITERENTWICKLUNG VON BILDUNGSPROGRAMMEN IN DEUTSCHLAND: INTEGRATION VON BASISKOMPETENZEN, DIGITALEN UND KI-KOMPETENZEN, BILDUNGSGERECHTIGKEIT UND ARBEITSMARKTORIENTIERUNG

Ali Sadigov Ogtay
Baku, Aserbaidschan

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Beitrags ist die Entwicklung eines evidenzbasierten Modells, das Basiskompetenzen, digitale und KI-bezogene Kompetenzen, soziale Chancengerechtigkeit, die professionelle Entwicklung von Lehrkräften und die Arbeitsmarktorientierung in einem einheitlichen analytischen Rahmen für die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen in Deutschland zusammenführt. Die Studie folgt der IMRAD-Struktur und verwendet ein zweikomponentiges Verfahren auf der Grundlage von Dokumenten der OECD, der Europäischen Kommission, des Statistischen Bundesamtes, des Bundesbildungsministeriums und der Kultusministerkonferenz aus den Jahren 2022–2026. Im ersten Schritt wurden quantitative Indikatoren zu PISA-Ergebnissen, Finanzierung, Schulstruktur und Reformprogrammen ausgewertet. Im

zweiten Schritt wurden offizielle Dokumente in sechs Handlungsfeldern auf einer Skala von 0 bis 2 codiert und ein Reformprioritätsindex berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass bei PISA 2022 30 % der Schülerinnen und Schüler in Mathematik, 25 % im Lesen und 23 % in den Naturwissenschaften das Mindestkompetenzniveau nicht erreichten. Der mathematische Leistungsabstand zwischen sozioökonomischen Gruppen betrug 111 Punkte und lag damit 18 Punkte über dem OECD-Durchschnitt. Im Prioritätsindex erreichten Basiskompetenzen 0,785, Bildungsgerechtigkeit 0,775, datengestützte Bewertung 0,715, Lehrkräfteentwicklung 0,700 und digitale sowie KI-Kompetenzen 0,695. Das vorgeschlagene Modell umfasst modulare Curricula, sozialindexbasierte Ressourcenverteilung, fächerübergreifende KI-Kompetenz, formative Bewertung und gemeinsame Curriculumentwicklung mit der Arbeitswelt. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass Deutschland von einer inputorientierten Finanzierung zu einer ergebnisorientierten, datengestützten und gerechtigkeitsorientierten Curriculumpolitik übergehen sollte.

Schlüsselwörter: deutsches Bildungssystem, Curriculumreform, Basiskompetenzen, KI-Kompetenz, Bildungsgerechtigkeit, berufliche Bildung

1. EINLEITUNG

Das deutsche Bildungssystem ist föderal organisiert; die wesentlichen Zuständigkeiten für das Schulwesen liegen bei den 16 Ländern. Dieses Modell ermöglicht zwar eine flexible Anpassung an regionale Bedarfe, erschwert jedoch eine gleichzeitige Erneuerung von Bildungsstandards, digitaler Infrastruktur, Lehrkräftebildung und Bewertungssystemen im gesamten Bundesgebiet. Die Kultusministerkonferenz (KMK) übernimmt dabei eine zentrale Koordinierungsfunktion für gemeinsame Standards und Strategien. Die KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“, ihre Ergänzung von 2021 sowie die Handlungsempfehlung von 2024 zum Umgang mit künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen zeigen, dass Bildungsprogramme nicht nur technisch, sondern auch didaktisch und ethisch weiterentwickelt werden müssen (Kultusministerkonferenz [KMK], 2021, 2024).

Die Notwendigkeit von Reformen wird besonders an der Entwicklung der Schülerleistungen sichtbar. Nach den PISA-2022-Ergebnissen der OECD gingen die Mittelwerte Deutschlands in Mathematik, Lesen und Naturwissenschaften gegenüber 2018 zurück und erreichten den niedrigsten Stand in der bisherigen PISA-Teilnahme des Landes. Nur 70 % der Schülerinnen und Schüler erreichten in Mathematik, 75 % im Lesen und 77 % in den Naturwissenschaften mindestens Kompetenzstufe 2. Der Leistungsabstand in Mathematik zwischen sozioökonomisch begünstigten und benachteiligten Gruppen betrug 111 Punkte und lag damit über dem OECD-Durchschnitt von 93 Punkten (OECD, 2023). Diese Befunde sprechen weniger für eine bloße Ausweitung der Curriculuminhalte als für eine stärkere Anwendung grundlegender Kenntnisse, Problemlösekompetenz, sprachliche Unterstützung und individualisierte Lernmechanismen.

Auch der Bildungs- und Ausbildungsmonitor 2025 der Europäischen Kommission weist auf eine Schwächung der Basiskompetenzen, einen Anstieg des vorzeitigen Bildungsabbruchs und den weiterhin starken Zusammenhang der Ergebnisse mit dem sozioökonomischen Status und der Migrationsgeschichte hin.

Zugleich hebt der Bericht die hohe Beteiligung an arbeitsplatzbasiertem Lernen in der beruflichen Bildung als Stärke Deutschlands hervor, stellt jedoch fest, dass sozial benachteiligte Jugendliche weiterhin Schwierigkeiten beim Zugang zu dualen Ausbildungsplätzen haben (European Commission, 2025a). Die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen betrifft daher nicht nur die Aktualisierung akademischer Curricula, sondern auch die systematische Gestaltung von Übergängen, sozialer Unterstützung und Berufsorientierung.

Finanziell verfügt das System über erhebliche Ressourcen. Nach vorläufigen Angaben des Statistischen Bundesamtes stiegen die durchschnittlichen Ausgaben je Schülerin und Schüler an öffentlichen Schulen im Jahr 2024 auf 10 500 Euro; nominal waren dies rund 7 % mehr als die 9 800 Euro des Jahres 2023 (Statistisches Bundesamt, 2026a). Darüber hinaus stellen Bund und Länder im Rahmen des Startchancen-Programms für den Zeitraum 2024–2034 insgesamt 20 Milliarden Euro für etwa 4 000 Schulen in sozial herausfordernden Lagen bereit. Das Programm erreicht mehr als eine Million Schülerinnen und Schüler und zielt darauf, die Zahl der Lernenden, die Mindeststandards verfehlen, an den Zielschulen zu halbieren (Bundesministerium für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend [BMBFSFJ], o. J.). Der 2025 vereinbarte DigitalPakt 2.0 sieht bis 2030 insgesamt fünf Milliarden Euro für die Digitalisierung der Schulen vor (KMK, 2025).

Diese Maßnahmen erweitern die Ressourcenbasis, doch die Umwandlung von Finanzierung in Lernergebnisse setzt Kohärenz zwischen Curriculum, Lehrkräftekompetenz, Schulleitung und datengestützter Bewertung voraus. Der Erwerb digitaler Geräte erzeugt nicht automatisch digitale Pädagogik; Lehrkräfte müssen technische, didaktische und ethische Kompetenzen gemeinsam entwickeln (Redecker, 2017). Entsprechendes gilt für generative künstliche Intelligenz. Große Sprachmodelle können für individualisiertes Feedback und die Erstellung von Lernmaterialien genutzt werden, gleichzeitig müssen Risiken wie Fehlinformationen, Verzerrungen, Datenschutzprobleme und die Verlässlichkeit der Leistungsbewertung im Curriculum ausdrücklich berücksichtigt werden (Ständige Wissenschaftliche Kommission [SWK], 2024; UNESCO, 2023).

Ziel dieser Studie ist die Entwicklung eines mehrkriteriellen Priorisierungsmodells zur Weiterentwicklung deutscher Bildungsprogramme auf der Grundlage aktueller Ergebnisse und politischer Reformprogramme. Untersucht werden drei Fragen: (1) Welche zentralen Ergebnislücken machen eine Weiterentwicklung der Programme in Deutschland erforderlich? (2) In welchem Umfang werden diese Lücken durch bestehende politische Dokumente abgedeckt? (3) Welche curricularen Handlungsfelder sollten kurz- und mittelfristig vorrangig behandelt werden?

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Forschungsdesign

Die Untersuchung wurde als erklärende und anwendungsorientierte Sekundärdatenanalyse konzipiert. Das Verfahren verbindet zwei parallele Zugänge: eine vergleichende Analyse offizieller quantitativer Indikatoren und eine strukturierte Inhaltsanalyse bildungspolitischer Dokumente. Dadurch lassen sich beobachtete

Ergebnislücken des deutschen Bildungssystems mit bestehenden Reforminstrumenten verknüpfen. Untersuchungseinheiten waren nationale und internationale amtliche Dokumente zur allgemeinbildenden Schule, zur beruflichen Bildung und zur Lehrkräftebildung. Als Datenstichtag wurde der 20. Juli 2026 festgelegt.

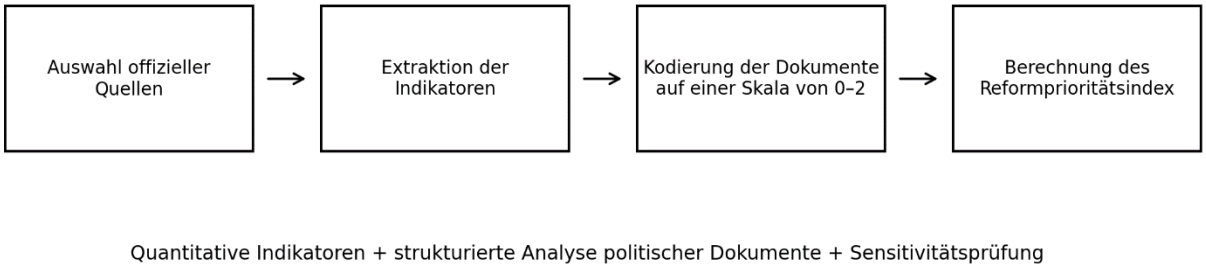


Abbildung 1. Analytische Phasen der Untersuchung
Quelle: eigene Darstellung.

2.2. Datenquellen

Die quantitativen Daten wurden PISA 2022, dem Education and Training Monitor 2025, Education at a Glance 2025, den Finanzindikatoren des Statistischen Bundesamtes für 2024 sowie den Dokumenten zum Startchancen-Programm und zum DigitalPakt 2.0 entnommen. Die bildungspolitischen Dokumente wurden gezielt ausgewählt. Einbezogen wurde ein Dokument, wenn es mindestens einen der folgenden Aspekte deutscher Bildungsprogramme behandelte: Ergebnisse, Chancengerechtigkeit, Digitalisierung, Lehrkräfteentwicklung, Berufsorientierung oder Monitoring.

Tabelle 1. Zentrale Datenquellen der Untersuchung

Quelle	Zentrale Variablen	Zeitraum
OECD PISA 2022 – Deutschland	Schülerleistungen, Mindestkompetenzniveau, sozioökonomischer Leistungsabstand	2022
European Commission Education and Training Monitor	Basiskompetenzen, vorzeitiger Abgang, Berufsbildung und Chancengerechtigkeit	2025
OECD Education at a Glance – Germany	Bildungsbeteiligung, Finanzierung und Systemindikatoren	2025
Statistisches Bundesamt	Schulausgaben, Schülerzahl und Finanzierung	2024–2026
Startchancen-Programm	Zielschulen, Sozialindex, Finanzierung und Ergebnisziele	2024–2034
KMK-Dokumente zu digitaler Bildung und KI	Digitale Kompetenz, Lehrkräftebildung, KI-Ethik	2021–2025
DigitalPakt 2.0	Finanzierungsrahmen für digitale Infrastruktur und Lehrkräftebildung	2025–2030

Quelle: OECD (2023, 2025), European Commission (2025a, 2025b), BMBFSFJ (o. J.), KMK (2021, 2024, 2025), Statistisches Bundesamt (2025, 2026a).

2.3. Dokumentencodierung und Indexbildung

Die bildungspolitischen Dokumente wurden in sechs analytischen Handlungsfeldern codiert: Basiskompetenzen; Bildungsgerechtigkeit und individualisierte Förderung; digitale und KI-Kompetenzen; professionelle Entwicklung der Lehrkräfte; Passung von beruflicher Bildung und Arbeitsmarkt; datengestützte Bewertung. Für jedes Dokument wurde ein fehlender Bezug mit 0, eine indirekte oder begrenzte Erwähnung mit 1 und eine Ausarbeitung mit konkretem Ziel, Finanzierungs- oder Umsetzungsmechanismus mit 2 Punkten bewertet. Der Indikator der politischen Reife wurde wie folgt berechnet:

$$M_j = (\Sigma_(i = 1)\text{^}m\ s_ij) / (2m)$$

Dabei bezeichnet M_j die politische Reife im Handlungsfeld j, s_ij den Wert von 0 bis 2 für das Handlungsfeld j im Dokument i und m die Zahl der analysierten Dokumente. Der Indikator liegt zwischen 0 und 1.

Die Bedarfslücke G_j wurde auf der Grundlage der Entfernung eines quantitativen Indikators von einem normativen oder vergleichenden Referenzwert auf das Intervall 0–1 normiert. In Bereichen ohne direkte Vergleichsmöglichkeit wurde die in amtlichen Berichten beschriebene Problemintensität vierstufig codiert: niedrig – 0,25; mittel – 0,50; hoch – 0,75; sehr hoch – 1,00.

$$G_j = (x_j - x_j\text{^}(best)) / (x_j\text{^}(worst) - x_j\text{^}(best))$$

Die Umsetzbarkeit F_j wurde als Mittelwert von drei Indikatoren berechnet: Finanzierung, rechtlich-strategisches Mandat und Umsetzungsinfrastruktur:

$$F_j = (f_(1j) + f_(2j) + f_(3j)) / 3$$

Im abschließenden Reformprioritätsindex erhielten die Bedarfslücke ein Gewicht von 0,50, der nicht abgedeckte Anteil der Politik ein Gewicht von 0,30 und die Umsetzbarkeit ein Gewicht von 0,20:

$$IPI_j = 0.50G_j + 0.30(1 - M_j) + 0.20F_j$$

Die Gewichte sind normativ und beruhen auf einer analytischen Entscheidung der Autorin beziehungsweise des Autors. In der Sensitivitätsanalyse variierte daher das Gewicht der Bedarfslücke zwischen 0,40 und 0,60, das Gewicht der politischen Abdeckungslücke zwischen 0,20 und 0,40 und das Gewicht der Umsetzbarkeit zwischen 0,10 und 0,30. In allen zulässigen Gewichtskombinationen wurde die Summe auf 1 festgelegt.

2.4. Berechnungs- und Darstellungsgrundsätze

Bei den Finanzindikatoren wurde ausschließlich die nominale Veränderung berechnet; Aussagen über reale Preisveränderungen wurden nicht abgeleitet. Die Wachstumsrate der Ausgaben je Schülerin und Schüler von 2023 bis 2024 wurde mit der folgenden Formel berechnet:

$$g = ((X_2024 - X_2023) / X_2023) \times 100$$

Die relative Abweichung der sozioökonomischen Leistungslücke vom OECD-Durchschnitt wurde wie folgt bestimmt:

$$\Delta_SES = ((111 - 93) / 93) \times 100 = 19{,}35\%$$

Die Berechnungen sind deskriptiv und werden nicht als Nachweis kausaler Zusammenhänge interpretiert. Der Index ist kein amtliches Bewertungsinstrument, sondern ein Autorenmodell zur Systematisierung von Entscheidungen über die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen.

3. ERGEBNISSE

3.1. Bildungsergebnisse und Ressourcenindikatoren

Die PISA-2022-Daten zeigen die bedeutendste Programmlücke im Bereich der Basiskompetenzen. In Mathematik erreichten 30 %, im Lesen 25 % und in den Naturwissenschaften 23 % der Schülerinnen und Schüler nicht mindestens Kompetenzstufe 2. Diese Werte werden nicht ausschließlich als Folge der Pandemie betrachtet, sondern als Fortsetzung eines negativen Trends, der ungefähr zwischen 2012 und 2015 einsetzte (OECD, 2023). Aus den Ergebnissen folgt die Notwendigkeit, die Inhaltsdichte der Curricula zu verringern, zentrale Konzepte vertieft zu vermitteln und Aufgaben zu stärken, die Wissen in realen Situationen anwenden lassen.

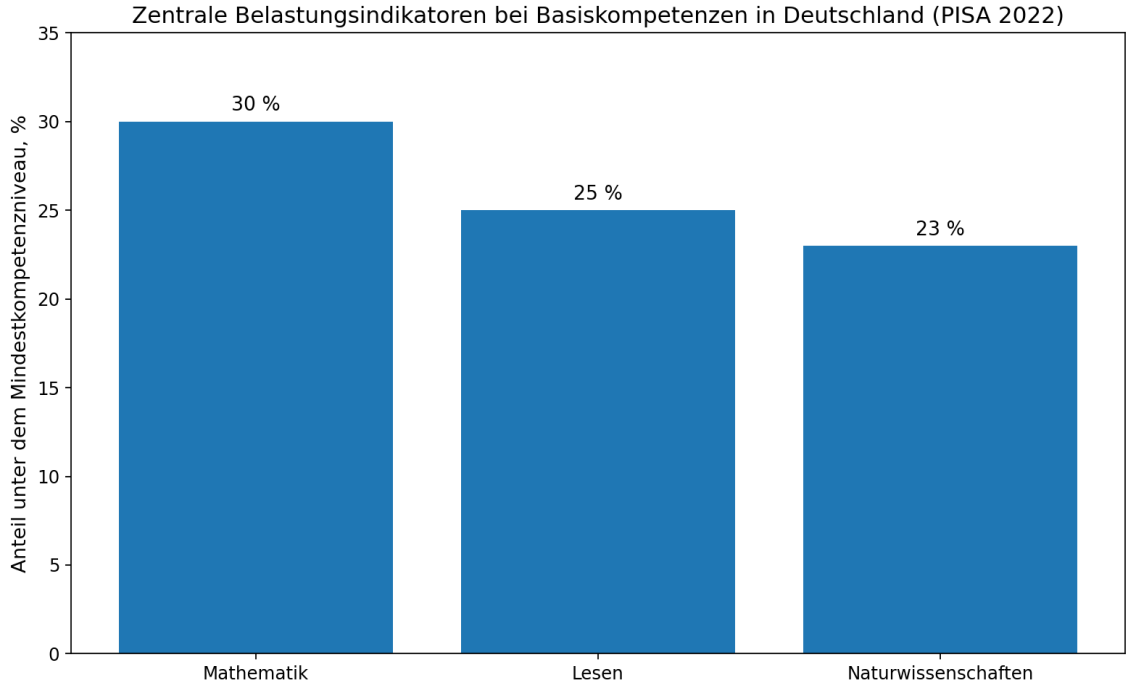


Abbildung 2. Anteil der Schülerinnen und Schüler unter dem Mindestkompetenzniveau nach PISA 2022

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von OECD (2023).

Der sozioökonomische Leistungsabstand von 111 Punkten liegt 19,35 % über dem OECD-Durchschnitt. Dies verdeutlicht, dass die Bereitstellung identischer Inhalte zwar formale Gleichbehandlung schafft, Ergebnisgerechtigkeit jedoch zusätzliche sprachliche Förderung, individualisiertes Lernen, mehr Lernzeit, Schulsozialarbeit und frühe Diagnostik erfordert. Die sozialindexbasierte Ressourcenverteilung des Startchancen-Programms reagiert unmittelbar auf dieses Problem. Für den Transfer der Erfahrungen aus den rund 4 000 Zielschulen in weitere Schulen sind jedoch standardisierte Bewertungsverfahren und eine offene Ressourcenplattform erforderlich.

Bei den Ressourcenindikatoren ist ein Anstieg festzustellen. Die Ausgaben je Schülerin und Schüler an öffentlichen Schulen erhöhten sich von 9 800 Euro im Jahr 2023 auf 10 500 Euro im Jahr 2024. Nach der verwendeten Formel entspricht dies einem nominalen Wachstum von 7,14 %. Ein automatischer Gleichlauf zwischen steigenden Ausgaben und PISA-Ergebnissen ist jedoch nicht zu erwarten. Da ein großer Teil der Ausgaben auf Personal und laufenden Betrieb entfällt, hängt die Verbesserung der Programmqualität davon ab, wie Ressourcen eingesetzt werden, wie Lehrkräfte zusammenarbeiten und wie Unterricht auf Schulebene gestaltet wird (Statistisches Bundesamt, 2026a).

Tabelle 2. Zentrale empirische Indikatoren für die Weiterentwicklung deutscher Bildungsprogramme

Indikator	Wert	Folgerung für Bildungsprogramme
Unter dem Mindestniveau in Mathematik	30 %	Stärkung mathematischer Grundbildung und Problemlösekompetenz
Unter dem Mindestniveau im Lesen	25 %	Integration fachübergreifender Bildungssprache und Lesestrategien
Unter dem Mindestniveau in Naturwissenschaften	23 %	Mehr Aufgaben zu Untersuchung, Evidenz und Modellbildung
Mathematischer Abstand nach sozioökonomischem Status	111 Punkte	Sozialindex, frühe Diagnostik und individualisierte Förderung
Ausgaben je Schülerin und Schüler an öffentlichen Schulen	10 500 Euro (2024)	Verknüpfung der Finanzierung mit Lernergebnissen und Schulentwicklung
Startchancen-Programm	20 Mrd. Euro; ca. 4 000 Schulen	Zielgerichtete Finanzierung, Basiskompetenzen und Systemtransfer
DigitalPakt 2.0	5 Mrd. Euro bis 2030	Infrastruktur + Lehrkräfteentwicklung + digitale Inhalte

Quelle: OECD (2023), BMBFSFJ (o. J.), KMK (2025), Statistisches Bundesamt (2026a).

3.2. Politische Reife und Reformprioritäten

Die Dokumentencodierung zeigt, dass Deutschland im Bereich Digitalisierung und künstliche Intelligenz über eine vergleichsweise entwickelte strategische Dokumentenbasis verfügt. Der KMK-Rahmen für digitale Kompetenzen, die Ergänzung zum Lehren und Lernen von 2021, die KI-Handlungsempfehlung von 2024 und der DigitalPakt 2.0 erhöhen die politische Reife dieses Handlungsfeldes. Gleichzeitig sind Umsetzung auf Schulebene, didaktische Vorbereitung der Lehrkräfte und Erneuerung der Bewertungsformate noch nicht gleichmäßig entwickelt. Auch der Digital-Decade-Länderbericht 2025 der Europäischen Kommission weist auf weiteren Verbesserungsbedarf bei digitalen Kompetenzen in Deutschland hin (European Commission, 2025b).

Im Reformprioritätsindex belegten Basiskompetenzen mit 0,785 den ersten und Bildungsgerechtigkeit mit 0,775 den zweiten Rang. Datengestützte Bewertung erreichte 0,715, professionelle Lehrkräfteentwicklung 0,700, digitale und KI-

Kompetenzen 0,695 und die Verknüpfung von Berufsbildung und Arbeitsmarkt 0,594. Der niedrigere Index der beruflichen Bildung bedeutet nicht, dass sie unwichtig ist, sondern spiegelt die vergleichsweise reife institutionelle Basis des deutschen dualen Systems und des arbeitsplatzbasierten Lernens wider. Die Verbesserung des Zugangs sozial benachteiligter Jugendlicher zu dualen Ausbildungsplätzen bleibt dennoch ein eigenständiges Ziel.

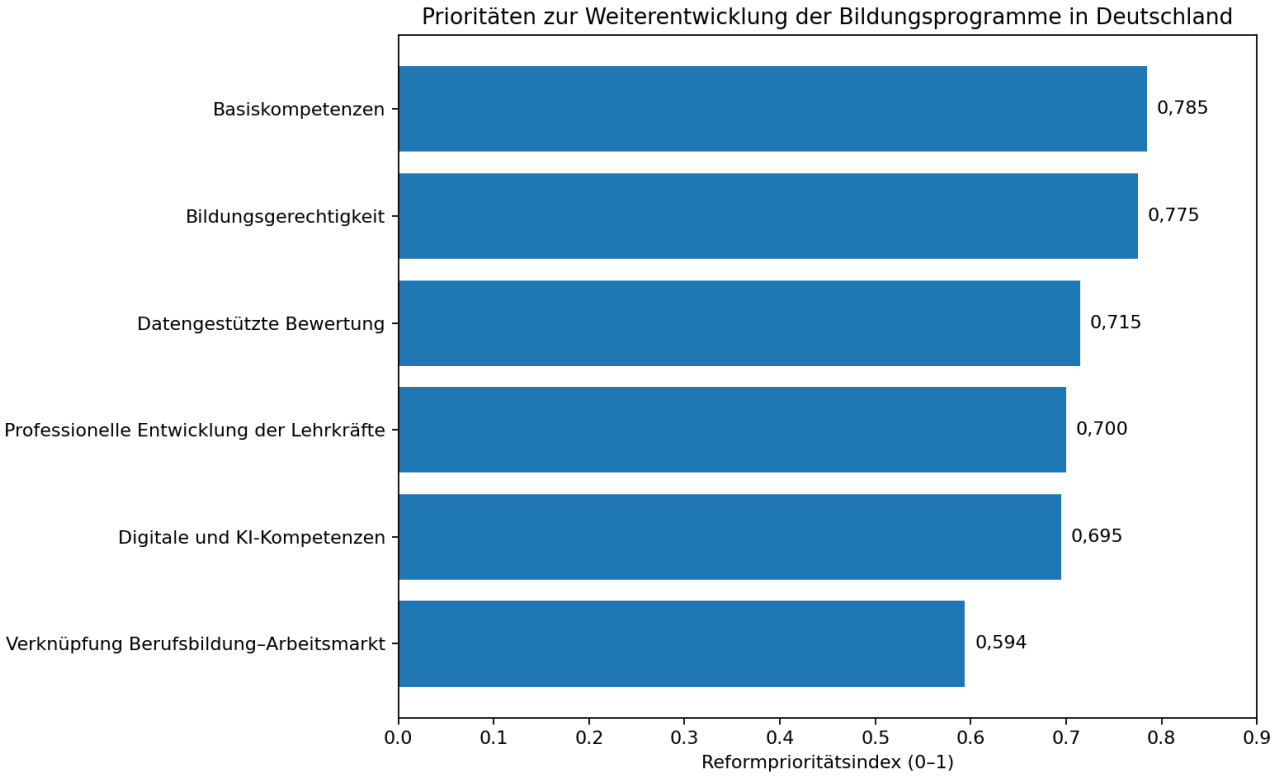


Abbildung 3. Reformprioritätsindex für die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen
Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage offizieller Indikatoren und der Dokumentencodierung.

Tabelle 3. Komponenten des Reformprioritätsindex

Handlungsfeld	**G_j**	**M_j**	**F_j**	**IPI_j**	**Rang**
Basiskompetenzen	1,00	0,65	0,90	0,785	1
Bildungsgerechtigkeit	0,95	0,60	0,90	0,775	2
Datengestützte Bewertung	0,80	0,45	0,75	0,715	3
Professionelle Entwicklung der Lehrkräfte	0,85	0,55	0,70	0,700	4
Digitale und KI-Kompetenzen	0,85	0,70	0,90	0,695	5
Verknüpfung Berufsbildung–Arbeitsmarkt	0,70	0,72	0,80	0,594	6

Anmerkung: G_j – Bedarfslücke; M_j – politische Reife; F_j – Umsetzbarkeit; IPI_j – Reformprioritätsindex. Die Werte beruhen auf einer strukturierten Codierung durch die Autorin beziehungsweise den Autor.

3.3. Vorgeschlagenes integriertes Programmmodell

Auf Grundlage der Ergebnisse wird vorgeschlagen, Bildungsprogramme nicht durch isolierte zusätzliche Fächer, sondern über fünf miteinander verbundene

Komponenten weiterzuentwickeln. Die erste Komponente umfasst Basiskompetenzen und Kompetenzorientierung. Zentrale Konzepte in Mathematik, Lesen und Naturwissenschaften sollten über alle Jahrgangsstufen entlang langfristiger Lernprogressionen aufgebaut werden; Aufgaben sollten vom bloßen Erinnern von Fakten zur Anwendung, Begründung und Problemlösung führen. Die zweite Komponente betrifft digitale, mediale und KI-bezogene Kompetenz. Dieser Bereich darf nicht auf ein einzelnes „Computerfach“ beschränkt bleiben. Quellenprüfung, Datensicherheit, algorithmische Verzerrung, Urheberschaft und die Zusammenarbeit mit KI-Systemen sollten fächerübergreifend integriert werden.

Die dritte Komponente ist Bildungsgerechtigkeit und individualisierte Förderung. Ein Sozialindex für Schulen, kurze diagnostische Instrumente zur Bestimmung des Ausgangsniveaus und ein mehrstufiges Unterstützungssystem sollten gemeinsam eingesetzt werden. Die vierte Komponente umfasst Berufsorientierung und Arbeitsmarktbezug. Projektbasiertes Lernen, Betriebsbesuche, kurze Praxiserfahrungen und Laufbahnberatung sollten bereits in früheren Schulstufen beginnen. Die fünfte Komponente verbindet Lehrkräfteentwicklung und datengestützte Bewertung. Professionelle Entwicklung sollte von punktuellen Fortbildungen zu schulischen Lerngemeinschaften, Lesson Study und gemeinsamer Analyse von Schülerarbeiten übergehen. Der Zusammenhang zwischen professioneller Lehrkräftekompetenz, Unterrichtsqualität und Schülerentwicklung wurde auch in deutschen Studien nachgewiesen (Kunter et al., 2013).

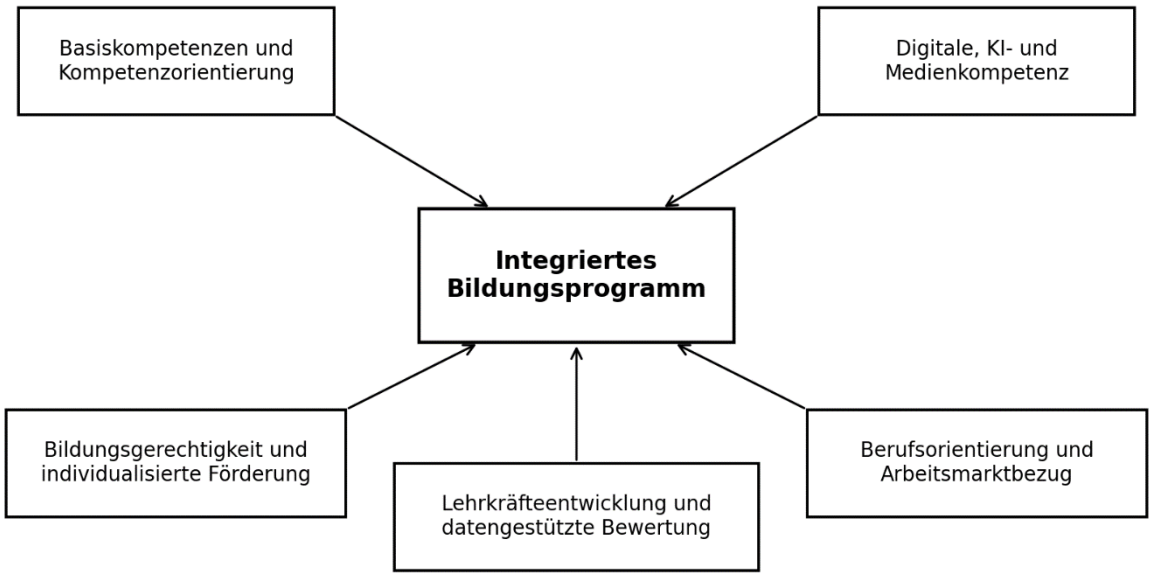


Abbildung 4. Integriertes Modell zur Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen in Deutschland
Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse.

Tabelle 4. Vorgeschlagene Programmmaßnahmen und messbare Ergebnisse

Handlungsfeld	Vorgeschlagene Maßnahmen	Zentrale Ergebnisindikatoren
Basiskompetenzen	Spiralcurriculum; Problemlösen; Bildungssprache; formatives Feedback	Anteil unter dem Mindestniveau; jährlicher Lernfortschritt
Chancengerechtigkeit	Sozialindex; Sprachförderung; individueller Lernplan; Schulsozialarbeit	Leistungsabstand nach sozialen Gruppen; Anwesenheit; Übergangsquote
Digital und KI	Medienkompetenz; Datenethik; Überprüfung von KI-Ergebnissen; Cybersicherheit	Digitale Kompetenzprofile von Lernenden und Lehrkräften; Indikatoren sicherer Nutzung
Lehrkräfteentwicklung	Professionelle Lerngemeinschaften; Lesson Study; Mentoring; digitale Didaktik	Umgesetzte schulinterne Projekte; beobachtete Unterrichtsqualität
Berufsorientierung	Gemeinsame Module mit Betrieben; Projekte; Praxiserfahrung; Mikrozertifikate	Übergang in duale Ausbildung; Vermittlung und Abschlussquote
Bewertung	Diagnostische und formative Instrumente; Schul-Dashboard; jährliches Programmaudit	Ziel–Ergebnis-Passung; Wirkungsindikatoren der Interventionen

Quelle: eigener Vorschlag auf Grundlage von Black und Wiliam (2009), KMK (2021, 2024), Redecker (2017) und Hanushek et al. (2017).

3.4. Sensitivitätsanalyse

In der Sensitivitätsanalyse mit 17 alternativen Gewichtskombinationen belegten die Basiskompetenzen in sämtlichen Szenarien den ersten und die Bildungsgerechtigkeit den zweiten Rang. Auf den Rängen drei bis fünf wechselte die Reihenfolge von datengestützter Bewertung, Lehrkräfteentwicklung sowie digitalen und KI-bezogenen Kompetenzen in einigen Gewichtungsvarianten. Dies zeigt, dass die ersten beiden Handlungsfelder strukturelle Prioritäten darstellen, während die drei weiteren Felder als komplementäre Bestandteile eines gemeinsamen Reformpakets umgesetzt werden sollten.

4. DISKUSSION

Das zentrale Ergebnis der Untersuchung lautet, dass die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen in Deutschland von einem Ansatz „mehr Inhalte“ zu einem Ansatz „klarere Kompetenzen, stärkere Förderung und verlässlicheres Feedback“ übergehen sollte. Sinkende PISA-Ergebnisse verlangen nicht nach einer Erweiterung der Themenlisten, sondern nach stärkerer Vernetzung grundlegender Konzepte und nach Aufgaben, in denen Lernende Wissen anwenden. Der formative Bewertungsansatz von Black und Wiliam (2009) ist hierfür besonders relevant: Bewertung sollte nicht nur Endergebnisse messen, sondern während des Lernprozesses den jeweils nächsten Lernschritt bestimmen.

Dass Basiskompetenzen und Bildungsgerechtigkeit die ersten beiden Plätze des Index einnehmen, lässt sich durch den anhaltenden Zusammenhang zwischen sozialer

Herkunft und Bildungsergebnissen in Deutschland erklären. Das Startchancen-Programm stellt durch eine bedarfsorientierte Ressourcenverteilung einen wichtigen Systemwechsel dar. Da das Programm die Zahl der Schülerinnen und Schüler unterhalb der Mindeststandards halbieren will, sollte die Ergebnisbewertung auf Schulebene nicht ausschließlich auf standardisierten Tests, sondern auch auf dem Lernfortschritt relativ zum Ausgangsniveau beruhen. Andernfalls könnten Schulen in besonders schwierigen sozialen Kontexten für schwächere Ergebnisse sanktioniert werden.

Der fünfte Rang des Handlungsfeldes digitale und KI-Kompetenzen bedeutet nicht, dass dieses Thema wenig wichtig ist. Vielmehr senken die bereits höhere Reife der politischen Dokumente und vorhandene Finanzierungsmechanismen in Deutschland den zusätzlichen Prioritätswert. Die digitale Strategie der KMK und ihre KI-Empfehlung von 2024 definieren den kritischen und verantwortungsvollen Umgang mit Technologie als zentrales Bildungsziel. Der DigitalPakt 2.0 erweitert die Infrastruktur, doch seine tatsächliche Wirkung hängt davon ab, ob Lehrkräfte digitale Methoden passend zur jeweiligen Fachdidaktik auswählen können. Der DigCompEdu-Rahmen beschreibt Lehrkräftekompetenzen in den Bereichen berufliche Zusammenarbeit, digitale Ressourcen, Lehren und Lernen, Bewertung, Befähigung der Lernenden und Förderung ihrer digitalen Kompetenz (Redecker, 2017). Er kann zur Beobachtung der Lehrkräfteentwicklung in Deutschland genutzt werden.

Die Integration künstlicher Intelligenz in Bildungsprogramme sollte nicht als isolierte Werkzeugschulung, sondern als epistemische Kompetenz gestaltet werden. Lernende müssen prüfen können, ob KI-generierte Antworten korrekt sind, Quellen einfordern, Verzerrungen erkennen und personenbezogene Daten schützen. Da die Urheberschaft ausschließlich zu Hause erstellter Produkte schwerer zu bestimmen ist, gewinnen mündliche Verteidigung, Prozessprotokolle, Leistungen im Unterricht und Projektportfolios für die Bewertung an Bedeutung (SWK, 2024; UNESCO, 2023).

Die institutionelle Stärke der deutschen Berufsbildung ermöglicht es, sie als Lernmodell für allgemeinbildende Schulen zu nutzen. Das duale System verbindet Lernen am Arbeitsplatz mit formalen Bildungsprogrammen. Gleichzeitig sind die langfristigen Folgen früher und starrer Entscheidungen zwischen allgemeiner und beruflicher Bildung zu beachten. Hanushek et al. (2017) zeigen, dass berufliche Bildung frühe Arbeitsmarktvorteile schaffen kann, allgemeine und adaptive Kompetenzen jedoch im Verlauf des Erwerbslebens angesichts technologischen Wandels an Bedeutung gewinnen. Neue berufliche Programme sollten daher neben spezifischen technischen Fertigkeiten auch digitale Kompetenz, mathematisches Argumentieren, Kommunikation und die Fähigkeit zum selbstständigen Weiterlernen sichern.

Finanzierung muss durch ergebnisorientierte Steuerung ergänzt werden. Der nominale Anstieg der Ausgaben je Schülerin und Schüler im Jahr 2024 eröffnet wichtige Handlungsmöglichkeiten, doch es fehlt ein einheitlicher Indikator dafür, wie Ausgaben in Programmergebnisse überführt werden. Schulen sollten nicht allein anhand von Durchschnittswerten verglichen werden, sondern unter Berücksichtigung ihrer sozialen Zusammensetzung, des Ausgangsniveaus, des individuellen

Lernfortschritts, der Anwesenheit und der Abschlussquoten. Dieser Ansatz kann gemeinsames Lernen und den Transfer wirksamer Praxis zwischen den Ländern stärken, ohne die föderale Vielfalt aufzuheben.

Die Grenzen der Untersuchung sind zu berücksichtigen. Der Index ist kein amtliches statistisches Modell und beruht auf der Codierung politischer Dokumente durch die Autorin beziehungsweise den Autor. Die Indikatoren stammen aus unterschiedlichen Jahren und decken nicht alle Bildungsstufen gleichermaßen ab. PISA misst ausgewählte Kompetenzen 15-jähriger Lernender und bildet die Qualität des gesamten Systems nicht allein ab. Zudem handelt es sich bei den Finanzwerten um nominale Größen; Preisniveau, Schulstrukturen und Personalkosten unterscheiden sich zwischen den Ländern. Zukünftige Untersuchungen sollten Paneldaten auf Länderebene, schulische Sozialindizes und Indikatoren zur Programmumsetzung miteinander verbinden.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der stärkste Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung von Bildungsprogrammen in Deutschland sind Basiskompetenzen und Bildungsgerechtigkeit. Der hohe Anteil von Schülerinnen und Schülern, die in Mathematik, Lesen und Naturwissenschaften das Mindestkompetenzniveau nicht erreichen, sowie die 111 Punkte umfassende sozioökonomische Leistungslücke erfordern eine Erneuerung nicht nur der Inhalte, sondern auch der Unterrichtsorganisation und der Unterstützungssysteme. Startchancen und DigitalPakt 2.0 schaffen erhebliche finanzielle und institutionelle Möglichkeiten; die zentrale Aufgabe besteht darin, diese Ressourcen in messbare Lernergebnisse zu überführen. Nach dem vorgeschlagenen Modell sollte das Curriculum Basiskompetenzen, digitale und KI-bezogene Kompetenz, gerechtigkeitsorientierte Individualisierung, Berufsorientierung, Lehrkräfteentwicklung und datengestützte Bewertung in einem System verbinden. Bildungsprogramme sollten nicht durch eine mechanische Erweiterung der Fächerlisten gestaltet werden, sondern danach, ob Lernende Probleme lösen, Belege anführen, Informationen prüfen und sich an neue Situationen anpassen können. Ein gemeinsamer Kompetenz- und Ergebnisrahmen auf Bundesebene, flexible Umsetzung in den Ländern und sozial kontextsensitive Interventionen auf Schulebene können bestehende Ergebnislücken verringern, ohne die Stärken des deutschen Bildungssystems aufzugeben.

DANKSAGUNG

Für die Untersuchung wurden öffentlich zugängliche amtliche Statistiken und Berichte internationaler Organisationen verwendet. Eine besondere institutionelle oder technische Unterstützung wurde nicht in Anspruch genommen.

FINANZIERUNG

Für diese Untersuchung wurde keine gesonderte finanzielle Förderung erhalten.

INTERESSENKONFLIKT

Die Autorin beziehungsweise der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt besteht.

ERKLÄRUNG ZUR DATENVERFÜGBARKEIT

Die in der Untersuchung verwendeten Daten sind in den offenen Quellen der OECD, der Europäischen Kommission, der KMK, des BMBFSFJ und des Statistischen Bundesamtes verfügbar. Die im Beitrag dargestellten Indexberechnungen können anhand der in den Tabellen ausgewiesenen Daten reproduziert werden.

Literaturverzeichnis

1. Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21, 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5
2. Bundesministerium für Bildung, Familie, Senioren, Frauen und Jugend. (o. J.). Startchancen-Programm. https://www.bmbfsfj.bund.de/bmbfsfj/themen/bildung/schule/startchancen-programm-274440
3. Euler, D. (2013). Germany's dual vocational training system: A model for other countries? Bertelsmann Stiftung. https://doi.org/10.11586/2017022
4. European Commission. (2020). Digital education action plan 2021–2027: Resetting education and training for the digital age. Publications Office of the European Union. https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan
5. European Commission. (2025a). Education and training monitor 2025: Germany. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2766/0510090
6. European Commission. (2025b). Germany 2025 digital decade country report. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/germany-2025-digital-decade-country-report
7. Hanushek, E. A., Schwerdt, G., Woessmann, L., & Zhang, L. (2017). General education, vocational education, and labor-market outcomes over the lifecycle. Journal of Human Resources, 52(1), 48–87. https://doi.org/10.3368/jhr.52.1.0415-7074R
8. Kultusministerkonferenz. (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt". https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt.html
9. Kultusministerkonferenz. (2024). Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf
10. Kultusministerkonferenz. (2025, 19. Dezember). Digitalisierung von Schulen: Bund und Länder einig über den DigitalPakt 2.0. https://www.kmk.org/aktuelles-1/artikelansicht/digitalisierung-von-schulen-bund-und-laender-einig-ueber-den-digitalpakt-20.html
11. Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. Journal of Educational Psychology, 105(3), 805–820. https://doi.org/10.1037/a0032583

12. OECD. (2023). PISA 2022 results (Volumes I and II): Country note—Germany. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/germany_1a2cf137-en.html
13. OECD. (2025). Education at a glance 2025: Germany. https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2025_1a3543e2-en/germany_fa91d155-en.html
14. Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/159770
15. Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz. (2024). Large language models und ihre Potenziale im Bildungssystem: Impulspapier. https://swk-bildung.org/veroeffentlichungen/115-2/
16. Statistisches Bundesamt. (2025, 12. März). 0,9 % mehr Schülerinnen und Schüler im Schuljahr 2024/2025. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/03/PD25_090_211.html
17. Statistisches Bundesamt. (2026a, 12. März). 10 500 Euro je Schülerin und Schüler an öffentlichen Schulen im Jahr 2024. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2026/03/PD26_082_217.html
18. Statistisches Bundesamt. (2026b, 24. April). Ausgaben für Bildung, Forschung und Wissenschaft im Jahr 2024 um 5 % gestiegen. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2026/04/PD26_145_217.html
19. UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. https://doi.org/10.54675/EWZM9535

AI-ASSISTED LEARNING AND COGNITIVE LOAD: EFFECTS ON UNIVERSITY STUDENTS' ATTENTION, MEMORY, AND ACADEMIC SELF-EFFICACY

Könül Allahverdi qızı Məmmədova
Senior Lecturer
Department of General Psychology
Azerbaijan State Pedagogical University (ADPU)
Azerbaijan

Abstract

Generative artificial intelligence has moved from a peripheral digital aid to an everyday learning partner. This conceptual review examines a central psychological question: when does AI support cognition, and when does it replace the mental operations required for durable learning? Drawing on cognitive load theory, working-memory research, social cognitive theory, and recent evidence on cognitive offloading, the paper proposes a balanced model in which the effect of AI is mediated by task design and metacognitive monitoring. Properly scaffolded use may reduce extraneous

load, direct attention to relevant information, and strengthen self-efficacy through timely feedback. Unguided dependence, however, may weaken elaboration, source evaluation, retrieval practice, and confidence based on independent mastery. The article presents equations for cognitive-load balance and a composite responsible-use index, a practical comparison table, and an illustrative diagram. It concludes that educational value depends less on whether AI is used than on how learners are required to predict, verify, explain, retrieve, and revise. The proposed framework can guide psychology instructors and support future empirical studies in higher education.

Keywords: generative artificial intelligence; cognitive load; attention; memory; cognitive offloading; academic self-efficacy; metacognition.

1. Introduction

University students increasingly use generative AI to summarize texts, explain concepts, draft answers, and obtain feedback. The psychological significance of this shift is not reducible to speed or convenience. AI changes where effort is allocated, which cues capture attention, how information is encoded, and whether successful performance is attributed to personal competence or external assistance. UNESCO (2023) therefore recommends a human-centred approach that combines pedagogical validation, privacy protection, and age-appropriate use. OECD (2023) similarly emphasizes trustworthy governance and educational designs that preserve human agency.

2. Psychological Foundations

Cognitive load theory distinguishes intrinsic load arising from the complexity of the material, extraneous load created by poor presentation or irrelevant operations, and germane or productive effort devoted to schema construction. Because working memory is limited, an AI explanation can be beneficial when it removes avoidable search, reorganizes a complex text, or provides an example at the learner's current level. The same explanation can be harmful when it removes the need to compare, infer, retrieve, and correct. The relevant criterion is not minimum effort, but optimal effort.

A useful conceptual balance is expressed as follows:

$$\mathrm{CL_total} = \mathrm{CL_intrinsic} + \mathrm{CL_extraneous} + \mathrm{CL_germane} \quad (1)$$

Here, CL_total denotes total experienced cognitive load. Instruction should reduce CL_extraneous while keeping enough CL_germane for active processing. If total demand exceeds the learner's available working-memory capacity (WMC), overload is likely. A simplified learning-efficiency expression is:

$$\mathrm{Efficiency} = (\mathrm{P} - \mathrm{CL_extraneous}) / (1 + \mathrm{CL_total} / \mathrm{WMC}) \quad (2)$$

In Equation (2), P represents performance or task accuracy. The equation is a conceptual heuristic rather than a validated diagnostic score: it shows that high visible performance does not guarantee efficient learning when unnecessary load is high or the solution was externally produced. Research comparing large language models with conventional search reports that LLMs may create cognitive ease while reducing mental effort, raising questions about later learning when students accept fluent answers without elaboration (Stadler et al., 2024).

2.1 Attention and metacognitive control

Attention determines which information enters working memory. AI can focus attention through concise explanations, adaptive examples, and immediate clarification. Yet its fluent language can also function as a strong credibility cue. Learners may confuse ease of processing with truth, a metacognitive illusion that lowers verification. Productive use therefore requires an interruption between generation and acceptance: students should identify the claim, inspect the evidence, compare alternatives, and state uncertainty. This sequence converts passive exposure into controlled attention.

2.2 Cognitive offloading

Cognitive offloading is the transfer of mental work to an external tool. It is not inherently negative: notes, calculators, and diagrams also extend cognition. The risk appears when offloading replaces the very process being learned. A student may outsource wording after constructing an argument, but outsourcing argument construction itself limits practice. Recent studies associate greater AI dependence with weaker critical thinking partly through cognitive fatigue, while newer work also shows that well-regulated offloading can support self-regulated learning when accompanied by technological self-efficacy and monitoring (Tian et al., 2025; Hashmi et al., 2026).

3. Effects on Memory and Self-Efficacy

Durable memory depends on meaningful encoding, organization, retrieval, and feedback. AI can strengthen encoding by generating analogies, contrasting examples, or explanations matched to prior knowledge. It can support retrieval by producing quizzes and delayed practice prompts. However, repeated summarization without recall may create familiarity rather than memory. When the answer remains visible, recognition is easy; when the tool is removed, unaided recall may fail. The educational sequence should therefore move from supported comprehension to unsupported retrieval and later transfer.

A simple retention model can represent these interacting influences:

$$R = \beta_0 + \beta_1 E + \beta_2 RP + \beta_3 F - \beta_4 OD + \varepsilon \quad (3)$$

R is delayed retention; E is elaborative processing; RP is retrieval practice; F is corrective feedback; OD is unregulated overdependence; and ε captures unmeasured influences. The signs express theoretically expected directions, not estimated coefficients. A future study could test this model using delayed achievement tasks and logged patterns of AI interaction.

3.1 Academic self-efficacy

Academic self-efficacy is the learner's belief that they can organize and execute actions required for academic performance. AI may strengthen it by offering graduated hints, low-stakes rehearsal, and rapid feedback. Success is psychologically useful when learners can connect improvement to their own strategies. Conversely, polished AI output may inflate momentary confidence without mastery, or lower confidence if students conclude that independent work is impossible. Social cognitive theory predicts that mastery experiences are especially important; therefore, support should fade as competence increases.

3.2 A responsible AI-learning index

For instructional monitoring, four behaviours can be combined into a transparent composite index: prediction before prompting (Pr), verification of claims (V), explanation in the student's own words (Ex), and independent retrieval after assistance (Rt). Each component may be scored from 0 to 4.

$$\mathrm{RAILI} = 0.20\mathrm{Pr} + 0.30\mathrm{V} + 0.25\mathrm{Ex} + 0.25\mathrm{Rt} \quad (4)$$

The weights prioritize verification because errors and fabricated references can directly distort learning. The index is proposed for research and formative feedback; it is not a clinical or standardized psychological test. Its validity, reliability, and cultural appropriateness must be established before consequential use.

4. Comparative Learning Conditions

Table 1. Psychological comparison of common AI-assisted learning conditions.

Condition	Likely cognitive effect	Primary risk	Recommended safeguard
AI answer copied	Very low germane effort	Illusion of competence	Require oral explanation and delayed recall
AI summary checked	Lower extraneous load	Missed nuance	Compare with source and mark omissions
Socratic AI hints	Sustained reasoning	Prompt dependence	Use fading hints and final unaided task
AI-generated quiz	Retrieval practice	Poor item quality	Teacher review; include transfer items

5. Proposed Conceptual Model

The proposed model treats AI use as an environmental input rather than a direct cause of achievement. Its effect first depends on task design: whether the tool supplies a complete product, a scaffold, a critique, or a retrieval prompt. Task design alters the distribution of cognitive load and the depth of attention. Metacognitive monitoring then determines whether learners verify, explain, and regulate reliance. These processes influence memory and academic self-efficacy, which together shape transfer to new tasks.

The model predicts a non-linear relationship. Very little support may leave novices overloaded, whereas excessive support may eliminate productive struggle. Moderate, fading support should produce the strongest balance of accuracy, retention, and independent confidence. Individual differences are expected: prior knowledge, digital literacy, anxiety, need for cognition, language proficiency, and executive control may moderate the outcome.

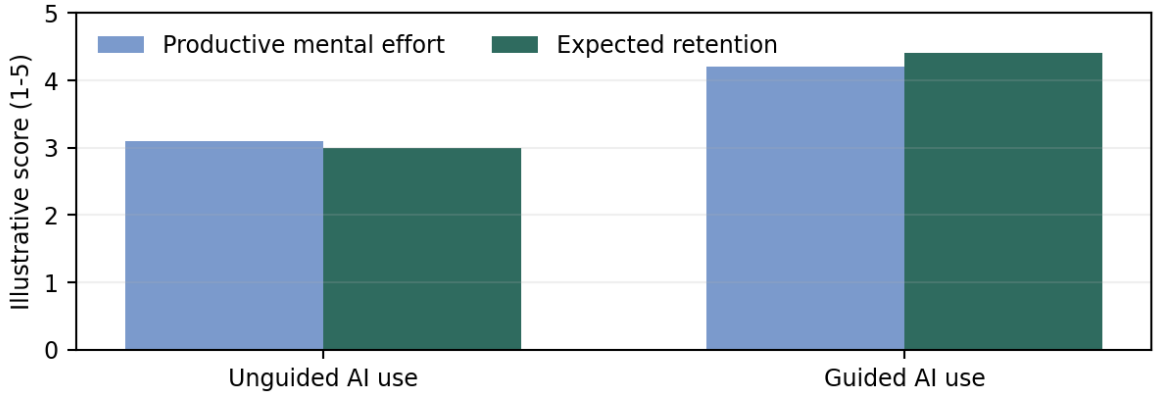


Figure 1. Illustrative psychological profile of unguided versus guided AI use. Values are hypothetical and are included only to visualize the proposed model; they are not empirical findings.

5.1 Testable hypotheses

H1: Guided AI use that requires prediction and verification will reduce extraneous cognitive load more than unguided AI use. H2: The positive association between guided AI use and delayed retention will be mediated by elaboration and retrieval practice. H3: Unregulated cognitive offloading will predict lower transfer performance after controlling for immediate task accuracy. H4: Fading AI support will increase academic self-efficacy more strongly than continuous full-answer support. H5: Metacognitive monitoring will moderate the relation between AI-use frequency and learning outcomes.

5.2 Suggested research design

A randomized pretest-posttest design could compare three conditions: no AI, unrestricted AI, and guided AI with a structured prompt protocol. University students would complete a concept-learning task, an immediate test, and a delayed transfer test after one week. Cognitive load could be measured using a validated mental-effort scale; attention could be supplemented by time-on-task or eye-tracking indicators; self-efficacy should be assessed before and after the task. AI interaction logs would permit behavioural coding of verification, revision, and offloading.

Analysis may combine multivariate regression, mediation analysis, and mixed-effects models for repeated measures. Researchers should preregister hypotheses, define exclusion rules, report effect sizes and confidence intervals, and distinguish immediate performance from delayed learning. These choices are important because AI can improve the visible product without improving the learner's independent capability.

6. Educational Implications

The central instructional principle is "support cognition, then return cognition to the learner." Teachers can achieve this through a five-stage cycle. First, students attempt the problem and record an initial prediction. Second, they request a hint, explanation, or counterargument rather than a complete submission. Third, they verify factual claims against course materials or primary sources. Fourth, they reconstruct the answer without viewing the AI output. Fifth, they reflect on what changed in their reasoning. This cycle makes tool use observable and psychologically meaningful.

Assessment design should reward process evidence as well as final accuracy. Short oral defenses, annotated prompt histories, source-verification notes, and in-class

transfer tasks can reveal whether understanding is internalized. The aim is not surveillance but alignment: if independent explanation is valued, the assessment must create an opportunity to demonstrate it. OECD guidance on digital education stresses governance and equity; consequently, institutions should also ensure access, teacher training, transparent rules, and alternatives for students who cannot or do not wish to use a particular system.

6.1 Recommendations for psychology courses

In introductory psychology, AI can generate competing explanations of a phenomenon, after which students identify the theory, evidence, and possible confounds. In cognitive psychology, learners can compare an AI summary with an original experiment and label losses of methodological detail. In research methods, fabricated citations can become a controlled source-evaluation exercise. In every case, the teacher should state whether the goal is comprehension, critique, retrieval, application, or creation, because different goals justify different levels of assistance.

A practical "30-30-40" lesson allocation may be useful: approximately 30% independent initial work, 30% guided AI interaction and verification, and 40% retrieval, discussion, and transfer without the tool. These percentages are a flexible pedagogical heuristic, not a universal formula. Novices may need more modelling, while advanced students may benefit from adversarial debate and methodological critique.

6.2 Ethical and psychological safeguards

Students should not enter sensitive personal, health, or assessment data into public AI systems. They need explicit instruction that generated text can be plausible but incorrect, culturally narrow, or biased toward dominant patterns. UNESCO's human-centred guidance highlights privacy, agency, inclusion, and pedagogical validation. From a psychological perspective, these safeguards also protect autonomy: learners should understand when a system is influencing choices and retain the ability to question or reject its output.

Equity requires attention to differences in language proficiency, disability, device access, and paid-service availability. AI may support accessibility through simplification, translation, and multimodal explanation, but unequal access can widen achievement gaps. Course policies should therefore define permitted uses by learning objective, provide a non-AI route where feasible, and avoid grading advantages that depend on premium tools.

7. Limitations

This article is a conceptual review and does not report original participant data. The equations summarize theoretical relations and require empirical validation. The psychological effects of AI are likely to vary across disciplines, cultures, task types, and system designs. Self-report measures alone may underestimate hidden dependence or overestimate learning; future studies should combine questionnaires with delayed tests, behavioural logs, interviews, and direct indicators of attention.

8. Conclusion

Generative AI can reduce irrelevant difficulty, provide feedback, and make learning resources more responsive. It can also shift attention away from evidence, weaken retrieval,

and produce confidence detached from mastery. These outcomes are not contradictory. They arise because the same tool can function either as a scaffold for thinking or as a substitute for thinking. The decisive psychological variables are cognitive-load distribution, depth of processing, metacognitive monitoring, and attribution of success.

The proposed framework recommends guided and fading support. Learners should predict before prompting, verify before accepting, explain before submitting, and retrieve after assistance. This sequence preserves the advantages of external support while maintaining the internal work required for memory and self-efficacy. For universities, the practical challenge is therefore to design learning environments in which AI improves access and feedback without obscuring whether students can reason independently.

Future research should test the model through preregistered experiments, culturally diverse samples, delayed transfer measures, and transparent analysis of interaction logs. It should also investigate whether responsible-use behaviours can be taught and whether gains persist when AI support is removed. Psychology is well positioned to move the debate beyond simple acceptance or prohibition by identifying the conditions under which human agency, attention, memory, and confidence are genuinely strengthened.

References

1. Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.
2. Hashmi, Z. F., et al. (2026). Generative artificial intelligence tool usage and perceived self-regulated learning: The mediating roles of technological self-efficacy and cognitive offloading in blended learning. Humanities and Social Sciences Communications.
3. Hou, C., Zhu, G., Sudarshan, V., Lim, F. S., & Ong, Y. S. (2025). Measuring undergraduate students' reliance on generative AI during problem-solving: Scale development and validation. Computers & Education, 234, 105329. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105329
4. OECD. (2023). OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c74f03de-en
5. Stadler, M., Bannert, M., & Sailer, M. (2024). Cognitive ease at a cost: LLMs reduce mental effort but compromise depth of learning. Computers in Human Behavior.
6. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
7. Tian, J., et al. (2025). Learners' AI dependence and critical thinking: The mediating role of cognitive fatigue. Acta Psychologica.
8. UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693
9. Xu, X., Qiao, L., Cheng, N., Liu, H., & Zhao, W. (2025). Enhancing self-regulated learning and learning experience in generative AI environments: The critical role of metacognitive support. British Journal of Educational Technology, 56(5), 1842–1863. https://doi.org/10.1111/bjet.13599

FEMALE IMAGES IN AZERBAIJANI FOLKLORE AND ASHIQ ART: SYMBOLIC CONTINUITY AND EDUCATIONAL FUNCTIONS

Aslanova Gulara Chingiz
Senior Lecturer
Azerbaijan State Pedagogical University
Azerbaijan

Abstract

This article examines the cultural, symbolic, and educational functions of female images in Azerbaijani folklore, with particular attention to the continuity between mythological representations, ritual folklore, folk lyric, dastan narratives, and Ashiq performance. The study adopts a qualitative interpretive approach combining folklore-function theory, gender-sensitive reading, and cultural-memory analysis. Female figures are discussed not as a single stable type but as a system of changing roles: sacred protector, mother, beloved, moral adviser, transmitter of memory, and active heroic agent. In mythic and ritual contexts, the female image frequently concentrates meanings of fertility, protection, continuity, and communal well-being. In folk songs, the mother and beloved become emotionally dense figures through which loyalty, longing, dignity, loss, and ethical choice are communicated. In epic and Ashiq traditions, women may also act, decide, rescue, advise, test, and preserve social order. The article proposes a compact analytical model for evaluating the functional salience and educational value of such representations without reducing literary meaning to numerical data. It argues that the pedagogical importance of female images lies in their capacity to transmit cultural values while also revealing tensions between normative gender expectations and female agency. This duality makes Azerbaijani oral tradition especially productive for contemporary cultural and educational interpretation.

Keywords: Azerbaijani folklore, female image, mother, beloved, Ashiq art, dastan, cultural memory, educational function

Introduction

Azerbaijani folklore preserves collective memory through narrative, song, ritual, proverb, epic, and performance. Within this broad system, female images occupy a structurally important position because they connect private experience with social values. The mother is associated with origin, protection, blessing, and continuity; the beloved organizes the emotional and ethical world of lyrical expression; the wife or companion often represents loyalty, endurance, and household order; and heroic women in epic narratives demonstrate courage, judgment, and agency. These meanings are not isolated literary decorations. They participate in the transmission of social norms, historical memory, and aesthetic codes from one generation to another. Bascom's functional approach to folklore is useful here because folklore can entertain, validate institutions, educate, and maintain conformity, yet the same text may also contain ambiguity and symbolic resistance (Bascom, 1954).

The importance of this topic is strengthened by the distinctive performative nature of Azerbaijani Ashiq art. UNESCO describes Azerbaijani Ashiq art as an integrated tradition combining poetry, storytelling, vocal and instrumental music, and performance, and identifies it as an emblem of national identity and a guardian of language, literature, and music (UNESCO, 2009). The female image therefore moves across several communicative environments: myth and belief, ritual speech, anonymous folk song, epic narrative, and the individualized yet traditional repertoire of Ashiq performers. In each environment, the image is reinterpreted according to genre, audience, performance situation, and historical expectation.

Recent scholarship has also emphasized that women in Turkic and Azerbaijani folklore should not be treated only as passive objects of male narration. Aslanova (2024) argues that women appear as creators, transmitters, and subjects of oral tradition and that folkloric discourse can simultaneously reflect patriarchal values and provide space for female solidarity and agency. Research on The Book of Dede Korkut similarly demonstrates the coexistence of normative family roles and strong active female characters (Can, 2023; Mohammadi & Alavi Shooshtari, 2022; Pekşen Yakar, 2022). The present article develops this discussion by focusing specifically on symbolic continuity and educational function across multiple layers of Azerbaijani oral culture.

Theoretical Framework and Method

This study uses qualitative interpretive synthesis rather than a statistical corpus design. The primary analytical units are recurrent cultural roles and symbolic functions associated with female figures in mythic-ritual thought, folk song, dastan, and Ashiq art. Folklore is approached as both text and social action. Accordingly, meaning is located not only in what a female character "is" but also in what she does in the narrative, what emotions and norms are organized around her, and how performers and audiences may use the image in processes of identity formation. Gender is treated as culturally produced and performed rather than as a fixed set of traits (Butler, 1990), while the interpretive emphasis remains sensitive to the historical specificity of the oral tradition.

To make comparison across genres transparent, the article proposes a methodological device called the Functional Salience Score (FSS). It is not intended to quantify artistic quality; rather, it can be used in future coding studies to summarize how strongly a given female image performs four analytically defined functions: mythic-symbolic meaning (M), ethical-normative meaning (E), agency in action or decision (A), and cultural-memory transmission (C). Each dimension may be coded on a 0-1 scale, and researchers may assign weights according to a clearly stated research design. The general expression is:

$$FSS = (\Sigma_{i=1}^{4} w_i x_i) / (\Sigma_{i=1}^{4} w_i), \quad 0 \leq x_i \leq 1 \qquad (1)$$

where $x_i \in \{M, E, A, C\}$ and $\Sigma w_i = 1$ under normalized weighting.

The proposed score is deliberately secondary to close reading. It is useful only when coding rules, textual units, and weights are reported explicitly. Its main purpose is to prevent vague claims such as "this character is educationally important" by requiring the researcher to specify which dimension of importance is being discussed.

Mythological Roots: Sacred Femininity, Protection, and Continuity

In mythological consciousness, female symbolism is often connected with birth, fertility, protection, and the continuity of life. Such meanings should not be read mechanically as evidence of one universal "mother-goddess" pattern; they arise from historically specific systems of belief and representation. Nevertheless, the Umay complex provides a useful Turkic point of comparison. Studies of Umay emphasize associations with motherhood, protection, fertility, and sacred guardianship (Aksoy, 2026). Azerbaijani cultural research has also discussed the Umay-goddess and bird-sun complex in connection with iconographic and mythological traditions (Salimova, 2020). These associations create an early symbolic field in which the feminine is linked to preservation of life, family continuity, and protection from disorder.

The educational importance of mythic imagery lies less in literal belief than in the value structures embedded in narrative. A protective female figure teaches that life, children, kinship, and continuity require care; a sacred maternal figure can legitimate compassion, responsibility, and respect for origins. Yet contemporary interpretation must also recognize a tension: when femininity is defined exclusively through sacrifice, reproduction, or caregiving, symbolic elevation may become a cultural limitation. Aksoy (2026), for example, reads the exaltation of Umay through a gender-critical lens and shows how sacredness can coexist with a restriction of female identity to predetermined functions. This tension between reverence and limitation is important for interpreting later folkloric images.

The Mother and the Beloved in Ritual Folklore and Folk Song

In Azerbaijani ritual folklore, the mother is more than a biological relation. She can function as a moral center, a source of blessing, a witness to departure and return, and a figure through whom family memory is verbalized. Lullabies, laments, wedding songs, blessings, and other forms connected with the life cycle place women in especially visible positions as performers and transmitters. The voice of the mother can unite personal emotion with communal expectation: sorrow becomes a culturally intelligible lament, hope becomes blessing, and advice becomes an ethical script for the younger generation. This is one reason women's oral traditions are methodologically important sources for understanding lived experience rather than merely literary stereotypes (Aslanova, 2024).

The beloved has a different but complementary function. In lyrical genres, the beloved is frequently the center of longing, beauty, distance, fidelity, and moral testing. Such representation is not limited to romantic idealization. The beloved may become a measure of constancy, self-control, sacrifice, and dignity. Through metaphor, repetition, parallelism, address, and symbolic landscape, the song constructs a relationship between emotion and value. Mountains, roads, gardens, water, night, spring, and separation may all become expressive environments around the female image. Thus, lyrical form itself contributes to education: listeners learn culturally recognizable ways of naming affection, loss, patience, and commitment.

The expressive power of folk lyric also depends on what is left unsaid. Formulaic language and conventional images create a shared interpretive horizon, but each

performance can activate different personal meanings. A mother's name may evoke family, homeland, or moral authority; a beloved may symbolize both an individual person and an unattainable ideal. This layered signification allows female imagery to function as a bridge between intimate feeling and collective identity. The educational function is therefore aesthetic as well as normative: listeners are trained in emotional vocabulary, narrative empathy, and culturally meaningful modes of self-expression.

Female Figures in Dastan and Ashiq Art

The dastan tradition expands the female image from lyrical symbol into narrative actor. The Book of Dede Korkut offers well-known examples in which female characters may be mothers, wives, beloveds, advisers, or warriors. Studies have identified figures such as Banu Chichek, Seljan Khatun, and Burla Khatun as evidence that female representation in the Oghuz epic world cannot be reduced to passivity (Can, 2023; Pekşen Yakar, 2022). Gender criticism of Dede Korkut also shows that narrative roles are embedded in a social order and should be read in relation to power, family, honor, and communal expectations (Mohammadi & Alavi Shooshtari, 2022; Sarıtaş, 2020).

What is especially significant for education is that agency in these narratives is relational rather than purely individualistic. A woman may demonstrate courage to protect kin, exercise judgment in a crisis, recognize the moral quality of a suitor, or participate in the restoration of social order. Heroism is therefore linked with responsibility and discernment. At the same time, some narratives evaluate women through ideals established by patriarchal institutions. A balanced reading should neither romanticize the tradition as fully egalitarian nor reduce it to a single structure of domination. The educational value of the material lies partly in this complexity because it permits comparison between inherited norms and contemporary ethical questions.

In Ashiq performance, inherited female images acquire another level of dynamism. The Ashiq does not merely repeat a fixed text; performance involves selection, interpretation, musical shaping, audience awareness, and, historically, processes of variation. UNESCO's description of Ashiq art emphasizes the integration of poetry, storytelling, vocal performance, and instrumental music and notes its role in preserving national cultural identity (UNESCO, 2009). Within this multimodal setting, images of mother and beloved gain force through melody, vocal emphasis, saz accompaniment, pause, repetition, and narrative framing. A motif that appears conventional on the page can become emotionally immediate in performance.

The beloved in Ashiq poetry may represent desire, fidelity, unattainability, or spiritualized beauty, whereas the mother often anchors ideas of blessing, homeland, memory, and moral obligation. The two images can also overlap symbolically: both may be linked with separation, return, loyalty, and the pain of distance. Historically, this has allowed Ashiq poetry to transform personal emotion into a socially shared ethical experience. The audience is not simply told what to value; it is invited to feel those values through the aesthetic structure of performance.

Analytical Table: Roles and Educational Meanings

Table 1 summarizes the principal functional clusters identified in the interpretive synthesis. The categories are analytical rather than exhaustive; a single text or performance may combine several roles, and the meaning of a figure can shift according to context.

Table 1. Functional clusters of female images in Azerbaijani folklore and Ashiq art.

Female image / role	Typical genres	Dominant symbolic meanings	Educational function	Critical question
Sacred protector / maternal archetype	Myth, belief, ritual	Life, fertility, protection, continuity	Respect for life; care; intergenerational responsibility	Does sacred elevation expand or restrict female identity?
Mother	Lullaby, lament, blessing, folk song, dastan	Origin, blessing, memory, sacrifice	Empathy; family memory; moral responsibility	Is care shared, or treated as an exclusively female duty?
Beloved	Folk lyric, Ashiq poetry, dastan	Beauty, longing, fidelity, distance, moral testing	Emotional literacy; loyalty; aesthetic sensitivity	Is the beloved a subject with agency or mainly an idealized object?
Heroic / active woman	Epic and dastan	Courage, decision, rescue, endurance	Agency; judgment; resilience; civic responsibility	How are female actions enabled or limited by social norms?
Wise adviser / cultural transmitter	Ritual speech, family narrative, performance	Memory, counsel, continuity of custom	Cultural literacy; ethical reflection; communication	Whose knowledge is preserved, and whose voice is omitted?

A Proposed Model of Educational Value

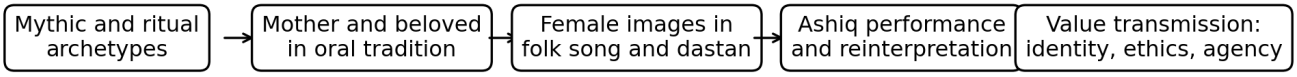
The educational function of female images can be represented through four mutually reinforcing dimensions: moral orientation (M), identity and cultural memory (I), agency and judgment (A), and communicative-emotional competence (C). These dimensions are not assumed to have universal or equal importance; they are a transparent coding framework for comparative research. When equal weighting is appropriate, an Educational Value Density (EVD) can be expressed as:

$$EVD = (M + I + A + C) / 4 \quad (2)$$

M = moral orientation; I = identity/cultural memory; A = agency/judgment; C = communicative-emotional competence.

The model assumes that educational value is multidimensional. A character may score highly in cultural-memory significance but weakly in agency, or may possess strong agency while transmitting ethically ambiguous norms. Such divergence is

analytically productive because it encourages teachers and researchers to discuss contradiction rather than forcing every traditional image into a single positive or negative judgment.



Continuity does not imply sameness: each stage reinterprets the female image in a new social and performative context.

Figure 1. Conceptual pathway from mythic female imagery to educational value in contemporary interpretation.

Discussion

The analysis suggests that the continuity of female imagery in Azerbaijani folklore is best understood as continuity through transformation. Mythological representations establish a symbolic vocabulary of protection, fertility, danger, blessing, and continuity. Ritual folklore relocates these meanings into the life cycle of the community. Folk song interiorizes them through emotion and lyrical voice. Dastan gives women narrative agency and places them within conflicts involving honor, family, courage, and social order. Ashiq art then re-performs these inherited patterns in a living artistic environment where verbal, musical, and performative choices renew their significance.

This model helps explain why the same broad image - especially the mother or beloved - can remain culturally recognizable while changing historically. Tradition is not a museum of frozen symbols. Performance, reinterpretation, and changing social expectations produce new emphases. A contemporary educator, for instance, may use a heroic female character to discuss courage and decision-making, while also asking students how gender expectations shape the character's available choices. A mother figure can support discussion of care and intergenerational responsibility without presenting self-sacrifice as the only legitimate form of female identity. In this way, folklore becomes a resource for reflective education rather than simple moral prescription.

The strongest pedagogical potential emerges when literary and cultural analysis are combined. Students can identify metaphor and parallelism in a song, examine plot and characterization in a dastan, compare mythic and historical layers, and discuss how performance changes meaning. Such activities connect language, literature, music, history, and ethics. They also encourage cultural literacy: learners recognize symbols that remain active in collective memory while developing the ability to interpret them critically. This is especially relevant to Ashiq art, whose recognized heritage value depends not only on preservation but also on meaningful transmission to future generations (UNESCO, 2009).

The proposed FSS and EVD formulas should therefore be understood as research aids, not replacements for close reading. They can support transparent coding in a

larger content-analysis project - for example, by comparing how strongly maternal, beloved, heroic, and advisory female figures express agency or cultural-memory functions across genres. However, the numerical summary must always be returned to textual and performative context. Folklore meanings are relational, historically layered, and audience-dependent; reducing them to frequency alone would obscure precisely the qualities that make them educationally powerful.

Educational Applications

A pedagogy based on Azerbaijani folklore can use female images as entry points for interdisciplinary learning. In literature classes, students may compare the language of a lullaby, a love lyric, and an epic episode to identify how genre changes the representation of motherhood, affection, courage, and authority. In music and cultural-heritage education, the same motif can be followed into Ashiq performance so that learners observe how melody, rhythm, vocal emphasis, and saz accompaniment reshape verbal meaning. In history and social studies, female characters can be discussed in relation to kinship, customary norms, mobility, labor, and collective memory. This approach avoids treating folklore as a decorative supplement and instead positions it as evidence of how communities have imagined social relationships across time.

Classroom use should also include critical comparison. Learners can be asked to distinguish between respect for maternal care and the expectation that care must always be female, or between admiration for a beloved and the reduction of the beloved to an aesthetic object. Heroic women in dastan may be compared with more restrained lyrical figures to examine how genre distributes agency. Such questions do not weaken cultural respect; they deepen it by showing that heritage contains debate, contradiction, and historical change. A productive educational aim is therefore double: to strengthen knowledge of Azerbaijani cultural codes while developing interpretive autonomy and gender-sensitive reading.

Limitations and Research Directions

The present study is conceptual and interpretive; it does not claim to measure the frequency of every female type in the full Azerbaijani folklore corpus. Future research could build a clearly delimited corpus of folk songs, dastans, ritual texts, and recorded Ashiq performances and apply the proposed coding model with multiple coders. Regional comparison would be especially useful because performance traditions, vocabulary, and role expectations may differ across communities. Another important direction is reception research: interviews or classroom studies could examine how contemporary listeners of different ages interpret the same mother, beloved, or heroic female image. Digital archives also create opportunities to compare textual variants with audio or video performance, allowing researchers to study not only what is said but how voice, music, gesture, and audience interaction contribute to gendered meaning.

Conclusion

Female images in Azerbaijani folklore form a complex cultural system extending from mythic and ritual symbolism to folk lyric, epic narrative, and Ashiq performance. The mother embodies origin, protection, blessing, memory, and continuity; the beloved organizes a vocabulary of longing, fidelity, beauty, and ethical testing; heroic and

advisory women demonstrate agency, judgment, courage, and responsibility. These roles may reproduce traditional gender expectations, but they can also complicate them by presenting women as actors, decision-makers, performers, and transmitters of culture.

The educational value of these images lies in their capacity to connect emotional experience with collective memory and ethical reflection. Their use in contemporary teaching should therefore be dialogic. Rather than presenting folklore as an unquestionable code, educators can examine how values are created, performed, challenged, and transmitted. Such an approach preserves respect for Azerbaijani cultural heritage while making room for critical interpretation and changing understandings of gender. Female imagery, viewed in this way, is not a marginal theme within folklore; it is one of the central symbolic mechanisms through which community, memory, identity, and personhood are imagined.

References

1. Aksoy, İ. (2026). Toplumsal cinsiyet eşitliği bağlamında mitolojik bir inceleme: Umay Ana figürü. Bitig Edebiyat Fakültesi Dergisi, 6(11), 117-127. https://doi.org/10.69787/bitigefd.1696606
2. Aslanova, G. C. (2024). The image of a woman in folklore as a folk tradition. International Journal of Innovative Technologies in Social Science, 2(42). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30062024/8170
3. Bascom, W. R. (1954). Four functions of folklore. The Journal of American Folklore, 67(266), 333-349. https://doi.org/10.2307/536411
4. Butler, J. (1990). Gender trouble: Feminism and the subversion of identity. Routledge.
5. Can, A. (2023). Dede Korkut Hikâyeleri'ndeki kadın tipleri ve kadınlar. International Journal of Social and Humanities Sciences Research, 10(98), 2027-2038. https://doi.org/10.5281/zenodo.8306918
6. Dundes, A. (Ed.). (1965). The study of folklore. Prentice-Hall.
7. Ergin, M. (2008). Dede Korkut Kitabı. Boğaziçi Yayınları.
8. Mohammadi, R., & Alavi Shooshtari, S. M. (2022). Gender criticism in the Azerbaijani Turkic folktale of the Book of Dede Korkut. Enthymema, 29, 62-73. https://doi.org/10.54103/2037-2426/16030
9. Pekşen Yakar, A. (2022). Dede Korkut Hikâyeleri ve Beowulf'ta kadın temsili. Söylem Filoloji Dergisi, 7(2), 417-431. https://doi.org/10.29110/soylemdergi.1111189
10. Propp, V. (1968). Morphology of the folktale (2nd ed.). University of Texas Press.
11. Salımova, A. (2020). Cult of the sun and the bird in Azerbaijan. Problems of Arts and Culture, 74(4).
12. Sarıtaş, Ş. E. (2020). Dede Korkut Kitabı'nda toplumsal cinsiyet rolleri ekseninde kadınlık olgusu. Third Sector Social Economic Review, 55(3), 1949-1964. https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.20.08.1435
13. UNESCO. (2009). Art of Azerbaijani Ashiq. Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity. https://ich.unesco.org/en/RL/art-of-azerbaijani-ashiq-00253

FROM PERFORMANCE TO PEDAGOGY: INTEGRATING PRINCIPAL AND SECONDARY INSTRUMENTS, CONCERTMASTER SKILLS, ORGANOLOGY, AND MUSIC TEACHING METHODS IN PRE-SERVICE MUSIC TEACHER EDUCATION

Afat Asim Mammadova
Department of Music and Its Teaching Technology,
Faculty of Arts and Physical Education,
Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Abstract

This conceptual article proposes an integrated framework for preparing pre-service music teachers through five mutually reinforcing domains: principal instrument, secondary instrument, concertmaster/accompaniment practice, organology, and music teaching methodology. Recent scholarship indicates that high-level performance expertise alone does not automatically generate pedagogical competence; future music teachers also require reflective feedback skills, collaborative musicianship, knowledge of instruments and timbre, repertoire judgment, and the ability to transform musical knowledge into teachable learning experiences. Drawing on research in instrumental teacher education, feedback, technology-supported music learning, and conservatoire pedagogy, the article outlines a competency-based model in which performance, accompaniment, instrument knowledge, and methodology are assessed as an integrated professional profile. A proposed weighted competency index and a progress equation are offered as practical tools for formative assessment. The framework is intended for higher-education music-teacher programs and can be adapted to individual lessons, studio classes, ensemble work, microteaching, and school-based practice. The central argument is that the strongest music teacher is not merely a performer who can explain technique, but a reflective musician-educator who can connect sound, instrument, repertoire, collaboration, and pedagogy in purposeful teaching.

Keywords: music teacher education, instrumental pedagogy, concertmaster skills, organology, music teaching methods, pedagogical content knowledge

Introduction

Music-teacher preparation requires a balance between artistic mastery and the capacity to make musical knowledge learnable for others. In higher education, students may become technically secure performers while still needing explicit preparation for diagnosing learner difficulties, selecting appropriate repertoire, explaining technique, organizing practice, accompanying others, and connecting musical structures with classroom objectives. Research on conservatoire and instrumental teacher education repeatedly shows that pedagogical preparation strengthens the transition from student musician to professional teacher and helps future teachers understand teaching as a specialized professional practice rather than a secondary extension of performance (Shaw,

2021, 2023, 2024). Shaw (2024) further argues that instrumental students benefit when pedagogical knowledge is deliberately developed alongside principal-study expertise.

The combination of principal instrument, secondary instrument, concertmaster class, organology, and music teaching methodology provides an especially productive basis for such integration. The principal instrument develops refined technique, interpretive judgment, tone production, and stylistic awareness. A secondary instrument broadens sensorimotor and timbral understanding and helps the future teacher experience the vulnerability of being a beginner again. Concertmaster and accompaniment work cultivate listening, coordination, score reading, anticipation, breathing with another performer, and flexible leadership. Organology connects sound to construction, range, timbre, articulation, transposition, maintenance, and instrumental possibilities. Music teaching methodology then transforms these forms of content knowledge into sequencing, explanation, demonstration, questioning, feedback, assessment, and reflective practice.

This article therefore proposes an Integrated Music-Teacher Competency Framework (IMTCF). It is a conceptual model rather than a report of empirical data. Its purpose is to show how the five course areas can operate as one professional learning system and how their outcomes can be assessed without reducing music teaching to isolated technical skills.

Conceptual Basis: From Musical Expertise to Pedagogical Content Knowledge

Shulman's (1986) concept of pedagogical content knowledge remains useful for music because it distinguishes knowing a subject from knowing how to represent that subject for learners. In music, this distinction is visible whenever a performer must turn tacit bodily or aural knowledge into an explanation, demonstration, image, exercise, fingering strategy, rehearsal task, or feedback sequence. Contemporary research extends this point. McPherson et al. (2022) emphasize that effective feedback in performance teaching should help students understand goals, current performance, and productive next steps, while also supporting autonomy and self-regulation. Karkina et al. (2023) similarly show that future music teachers benefit when professional skills—including instrumental performance, analysis, creativity, and project activity—are connected within a coherent pedagogy rather than taught as unrelated competencies.

Technology adds another layer to this integration. Digital tools can support recording, visualization, self-observation, score access, and asynchronous feedback, but technology is educationally useful only when it serves a clear musical and pedagogical purpose. Reviews of technology for instrumental pedagogy stress the value of meaningful, learner-centered design and teacher involvement in deciding how feedback technologies are used (Acquilino & Scavone, 2022; Michałko et al., 2022). Thus, the objective is not to replace studio interaction but to enrich the student's capacity to hear, diagnose, compare, revise, and reflect.

Integrated Course-to-Competency Structure

Table 1 Alignment of the five teaching areas with professional music-teacher competencies

Course area	Primary competency	Typical learning evidence	Pedagogical transfer
Principal instrument	Technical-artistic mastery and interpretive control	Performance, practice log, annotated score	Demonstration, diagnosis, repertoire sequencing
Secondary instrument	Transfer of musical concepts across instruments	Basic performance tasks, comparison journal	Empathy with beginners; cross-instrument explanations
Concertmaster class	Collaborative listening, accompaniment, score awareness	Accompaniment, rehearsal, sight-reading	Cueing, pacing, ensemble support, adaptive leadership
Organology	Instrument families, construction, range, timbre, function	Instrument profile, listening identification	Appropriate repertoire, orchestration awareness, timbral explanation
Music teaching methodology	Lesson design, feedback, assessment, reflection	Microteaching, lesson plan, reflective commentary	Transformation of content knowledge into teachable sequences

The value of the framework lies in transfer. For example, a technical issue identified during principal-instrument study should not remain only a performance problem. The student should be able to explain the issue verbally, demonstrate contrasting solutions, design a short exercise, select feedback language, and predict how a beginner or intermediate learner might experience the same difficulty. Likewise, organological knowledge should influence repertoire choice and teaching explanations, while accompaniment practice should strengthen sensitivity to pulse, phrasing, breathing, balance, and another performer's expressive intention. Lim et al. (2024) describe a similarly integrated approach in which instrumental/vocal teaching preparation combines performance study with pedagogical theory, mentoring, reflective activity, and teaching-oriented repertoire work.

A Proposed Competency Index for Formative Assessment

An integrated curriculum also needs an assessment logic that rewards connection among domains. The following index is proposed for formative use. Each domain is scored on a common 0–100 rubric, and the weights can be adjusted by the institution according to program outcomes. In this example, the principal instrument receives the largest single weight, while accompaniment and methodology receive substantial weight because they directly connect musicianship with teaching practice.

$$\mathrm{IMTC} = 0.30\mathrm{P} + 0.15\mathrm{S} + 0.20\mathrm{A} + 0.15\mathrm{O} + 0.20\mathrm{M} \quad (1)$$

where IMTC = Integrated Music-Teacher Competence; P = principal-instrument score; S = secondary-instrument score; A = accompaniment/concertmaster score; O = organology score; and M = music-teaching-methodology score.

$$PG(\%) = ((IMTC_post - IMTC_pre) / IMTC_pre) \times 100 \quad (2)$$

Equation 2 expresses percentage growth (PG) across a semester or academic year. It should be interpreted together with qualitative evidence such as reflective notes, lesson plans, performance recordings, observation records, and mentor feedback; a single composite score should never replace professional judgment.

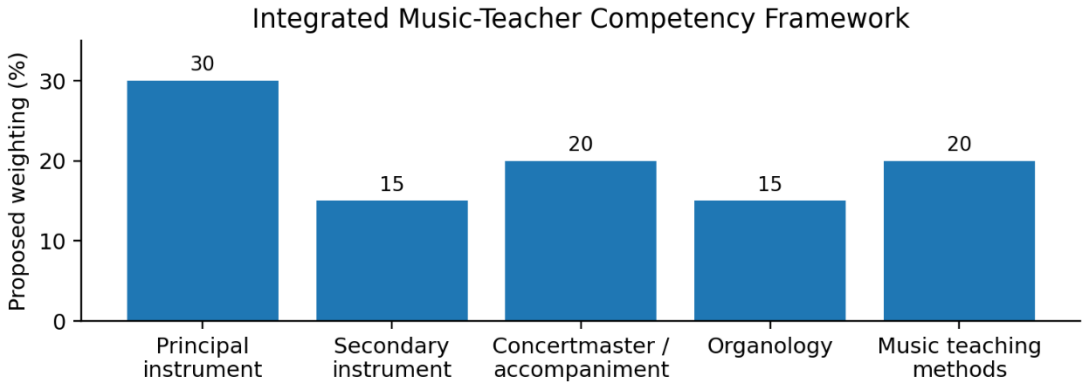


Figure 1. Proposed balance of competency domains in the Integrated Music-Teacher Competency Framework.

Note. Percentages are conceptual weights for formative curriculum design and do not represent empirical results.

Pedagogical Applications Across the Five Subjects

In principal-instrument teaching, the key shift is from "I can perform this" to "I can make the learning process visible." Students can annotate scores with technical and expressive goals, record short practice segments, compare alternate strategies, and explain why a particular strategy works. Feedback should move beyond general praise or correction and address task, process, self-regulation, and future action (McPherson et al., 2022). Such work develops the language needed for one-to-one studio teaching and helps future teachers avoid reproducing unexplained habits inherited from their own apprenticeship.

Secondary-instrument study has a different but equally important function. Because students are less expert, they re-encounter problems of coordination, notation, fingering, tone production, and confidence from the learner's perspective. Reflection on these experiences can strengthen pedagogical empathy and improve explanations. Instead of treating the secondary instrument as a reduced version of principal study, programs can use it as a laboratory for comparing instrumental affordances and for asking which aspects of musicianship transfer easily and which require instrument-specific adaptation.

Concertmaster and accompaniment classes develop professional responsiveness. The accompanist must read ahead, maintain harmonic and rhythmic stability, respond to rubato, anticipate entries, and negotiate musical leadership in real time. These are also teaching skills: they require attention to another person's intention, rapid diagnosis, nonverbal communication, and flexible support. Accompaniment tasks can therefore be paired with brief reflective questions about balance, cueing, rehearsal communication, and how the same interactional principles could be used in school or studio teaching.

Organology contributes the material and acoustic dimension of musicianship. Knowledge of instrument families, construction, registers, timbral tendencies, articulation mechanisms, and transposition enables future teachers to choose realistic repertoire, explain why a sound is produced in a particular way, communicate with ensemble members, and connect listening activities with visible features of instruments. Classical organological work has long emphasized systematic understanding of musical instruments and their cultural classification (Kartomi, 1990). In teacher education, this knowledge becomes pedagogically powerful when linked to listening, repertoire, arranging, and demonstration rather than memorized as isolated facts.

Music teaching methodology provides the integrative space in which the other subjects become instructional design. Microteaching can require students to teach a short passage from their principal instrument, explain an unfamiliar instrument, accompany a peer, and adapt the same musical idea for learners at two different levels. Video reflection and carefully selected digital tools can support this process by making performance and teaching decisions observable (Acquilino & Scavone, 2022; Michałko et al., 2022). The goal is not technological novelty but sharper noticing and more intentional pedagogical choices.

Discussion and Implications for Higher Music Education

The proposed framework responds to a recurring concern in higher music education: students may receive strong artistic training while the professional knowledge required for teaching remains implicit or unevenly valued. Evidence from conservatoire graduates and current students suggests that explicit pedagogical preparation improves confidence and employability and clarifies the professional identity of the musician-teacher (Shaw, 2021, 2023, 2024). An integrated model can address this problem by ensuring that every performance-related subject also carries a pedagogical question: What is being learned, how can it be explained, what evidence shows progress, and how can the task be adapted for another learner?

For programs such as those offered in pedagogical universities, integration is especially appropriate because graduates are expected to function simultaneously as musicians, teachers, accompanists, organizers of learning, and interpreters of musical culture. The framework can be implemented without creating additional stand-alone courses. Instead, shared assessment criteria, cross-course assignments, common terminology, and a portfolio of teaching/performance evidence can connect existing subjects. A semester portfolio might include one principal-instrument performance, one secondary-instrument reflection, one accompaniment recording, one organology-based teaching resource, one microteaching video, and a final reflective commentary explaining how the components inform one another.

Conclusion

Effective music-teacher education should not force a choice between artistry and pedagogy. Principal and secondary instruments, concertmaster practice, organology, and music teaching methodology can be designed as a coherent professional system in which technical mastery, collaborative musicianship, instrumental knowledge, reflective feedback, and instructional decision-making reinforce one another. The proposed

IMTCF offers a practical way to visualize this integration and to organize formative assessment while preserving the qualitative nature of musical learning. Future empirical research can test the framework with pre-service teachers, compare alternative weighting schemes, and examine how integrated portfolios influence teaching confidence, performance quality, and school-based practice. The broader implication is clear: preparing a capable music teacher means educating a musician who can perform, listen, explain, adapt, accompany, analyze, and teach with equal intentionality.

References

1. Acquilino, A., & Scavone, G. (2022). Current state and future directions of technologies for music instrument pedagogy. Frontiers in Psychology, 13, 835609. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.835609
2. Karkina, S., Mena, J., Valeeva, R., Yarmakeev, I., Dyganova, E., & Bhullar, M. (2023). Fostering future music teachers' professional skills: Developing a signature pedagogy using e-learning. Frontiers in Education, 8, 1162748. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1162748
3. Kartomi, M. J. (1990). On concepts and classifications of musical instruments. University of Chicago Press.
4. Lim, E. H. C., Kan, R. Y. P., & Seng, N. S.-R. (2024). Courage to create: A new music education degree in instrumental and vocal teaching. Education Sciences, 14(3), 315. https://doi.org/10.3390/educsci14030315
5. McPherson, G. E., Blackwell, J., & Hattie, J. (2022). Feedback in music performance teaching. Frontiers in Psychology, 13, 891025. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.891025
6. Michałko, A., Campo, A., Nijs, L., Leman, M., & Van Dyck, E. (2022). Toward a meaningful technology for instrumental music education: Teachers' voice. Frontiers in Education, 7, 1027042. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1027042
7. Shaw, L. (2021). From student to professional: Recent conservatoire graduates' experiences of instrumental teaching. British Journal of Music Education, 38(1), 13–30. https://doi.org/10.1017/S0265051720000212
8. Shaw, L. (2023). Preparing conservatoire students for the music education workforce: Institutional and industrial perspectives on instrumental teacher education in England. Music Education Research, 25(3), 280–293. https://doi.org/10.1080/14613808.2023.2222277
9. Shaw, L. (2024). Conservatoire students' perspectives on instrumental music teacher education: "Developing Pedagogical Knowledge" (DPK) for the future music education workforce. Journal of Education for Teaching, 50(1), 155–171. https://doi.org/10.1080/02607476.2023.2228233
10. Shaw, L. (2024). Preparing conservatoire students for the music education workforce: Conversations with alumni. British Journal of Music Education, 41(3), 292–304. https://doi.org/10.1017/S0265051724000111
11. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

AI-SUPPORTED FORMATIVE ASSESSMENT IN INFORMATICS EDUCATION: A METHODOLOGICAL MODEL FOR DEVELOPING COMPUTATIONAL THINKING

Gulara Agil Ibrahimova
Lecturer
Azerbaijan State Pedagogical University (ASPU)
PhD Candidate
Sakarya University
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-7950-7133
Azerbaijan

Abstract

Generative artificial intelligence has changed the conditions under which informatics and programming are taught, because students can now obtain code, explanations and debugging suggestions almost instantly. The methodological problem is no longer whether such tools should be present in the learning environment, but how they can be structured so that immediate assistance does not replace computational thinking. This conceptual-methodological article proposes an AI-supported formative assessment model for informatics education that combines diagnostic questioning, authentic programming tasks, graduated AI hints, mandatory verification, teacher feedback and planned fading of support. The model treats AI output as provisional evidence to be tested rather than as an authoritative solution. Three measurable indicators are introduced: a Computational Thinking Index, normalized learning gain and an AI Feedback Utility score. A classroom implementation matrix links decomposition, abstraction, algorithmic thinking, debugging and evaluation to observable student actions and appropriate AI support. The article argues that the pedagogical value of generative AI depends on preserving student authorship, explanation and verification. The proposed framework can be adapted to secondary-school informatics, introductory programming and teacher-education courses, and it provides a practical basis for future empirical validation.

Keywords: informatics teaching methodology; computational thinking; generative AI; formative assessment; programming education; feedback; AI literacy.

1. Introduction

Informatics education is moving from a tool-centered model toward a thinking-centered model in which learners are expected to decompose problems, represent information, design algorithms, test solutions and justify decisions. Wing (2006) described computational thinking (CT) as a broadly applicable problem-solving orientation rooted in computer science, while later syntheses emphasized abstraction, decomposition, algorithmic thinking, debugging and evaluation as core processes (Shute, Sun, & Asbell-Clarke, 2017). These goals are especially important in

programming instruction because a program that runs is not necessarily evidence that the learner understands why it works, how it can fail, or how the solution can be transferred to a new task.

The rapid diffusion of generative artificial intelligence (GenAI) has intensified this methodological challenge. Contemporary systems can generate code, explain syntax, propose test cases and debug errors within seconds. Evidence from recent research suggests that such tools can improve task efficiency and support programming performance, yet the same literature warns about over-reliance, shallow verification and cognitive offloading. Students may accept plausible code without being able to explain its logic or detect subtle errors (Kohen-Vacs, Usher, & Jansen, 2025; Liu, Fan, & Pan, 2026). For informatics methodology, therefore, the central question is not simply how to integrate AI, but how to organize interaction with AI so that it strengthens rather than substitutes the intellectual operations that constitute CT.

Formative assessment offers a useful pedagogical basis for this integration. Effective formative assessment continuously elicits evidence of learning, interprets that evidence in relation to goals, and provides feedback that helps the learner close the gap between current and desired performance (Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007). In programming, this evidence can be unusually rich: source code, failed tests, revision histories, explanations, prompts, peer comments and debugging decisions can all reveal what the learner understands. GenAI can contribute to this process by generating hints and alternative representations, but its role should be constrained by assessment design and teacher judgment.

The purpose of this article is to formulate a practical methodological model for AI-supported formative assessment in informatics education. The proposed model is designed for upper-secondary and introductory university programming courses, but its logic can be adapted to teacher education and other informatics subjects. The article synthesizes recent research and translates it into a teachable cycle, measurable indicators and an implementation matrix that can be used in lesson planning and empirical studies.

2. Pedagogical Rationale: From Instant Answers to Productive Scaffolding

Recent research shows that the educational effects of GenAI are strongly dependent on instructional design. A scoping review by Xia et al. (2024) concluded that assessment practices need to be rethought toward self-regulated learning, responsible use and teacher capacity in AI and assessment literacy. Qian's (2025) systematic review similarly identified automated feedback, learning support and the development of critical skills as major pedagogical applications of GenAI, while emphasizing the risk that efficiency can become cognitive outsourcing. These findings are highly relevant to programming, where a learner can obtain a syntactically complete answer before engaging in decomposition or algorithm design.

Programming-specific evidence reinforces this concern. Kohen-Vacs et al. (2025) found that students were generally positive about GenAI in programming courses but had greater difficulty correcting AI-generated code than completing traditional instructor-designed tasks. Liu et al. (2026) described a tension between AI as a scaffold and AI as a

crutch: students can benefit when the tool reduces avoidable obstacles while they continue to test, modify and explain outputs, but learning may weaken when essential reasoning is delegated. A related 2025 study by Gong, Xu, and Qiao showed that progressive prompting can support CT and that stronger learners engage in deeper interaction patterns such as debating and summarizing rather than merely requesting answers.

The implication for informatics teaching methodology is that AI access should be organized through graduated assistance. The learner should first encounter the problem, state a plan and produce an initial attempt. AI support should then move from questions and hints toward partial examples only when needed. Full solutions should be delayed, and any AI-generated code should trigger a verification requirement: the student must predict behavior, run tests, identify assumptions, explain critical lines and revise the code. This converts AI from an answer generator into a source of hypotheses that must be examined.

This approach is compatible with established feedback theory. Hattie and Timperley (2007) distinguish feedback about the task, the process and self-regulation. In programming, task-level feedback may identify an incorrect output, process feedback may point to a flawed loop invariant or data representation, and self-regulation feedback may prompt the student to select a debugging strategy. GenAI can contribute at all three levels, but the teacher remains responsible for sequencing, validity and the educational purpose of the interaction. UNESCO's guidance on GenAI in education likewise emphasizes human agency, responsible design, privacy and teacher capacity rather than uncritical technological adoption (UNESCO, 2023).

3. Proposed AI-Supported Formative Assessment Cycle

The proposed cycle contains five interdependent stages (Figure 1). Its defining principle is evidence before assistance: each new level of support is justified by evidence from the learner's own work. The cycle begins with diagnosis, proceeds through authentic problem solving and structured AI interaction, and ends with teacher-mediated feedback and planned fading. The next task then begins with reduced support so that transfer can be observed.

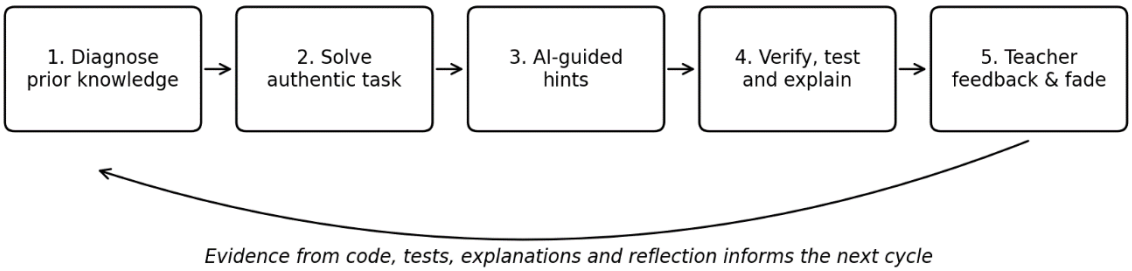


Figure 1. Proposed AI-supported formative assessment cycle for informatics education.

Stage 1, diagnostic activation, uses short concept questions, prediction tasks or incomplete code to reveal prerequisite knowledge. For example, before teaching recursion, learners can be asked to predict the output of a recursive function and explain the base case. Stage 2, authentic task engagement, requires an independent plan and first attempt. The teacher assesses the reasoning trajectory rather than waiting for a final product. Stage 3, AI-guided hints, allows carefully formulated prompts,

preferably beginning with explanation requests, counterexamples or debugging questions instead of solution requests. Stage 4, verification and explanation, is mandatory: students test AI claims, compare alternatives, document errors and justify the final version. Stage 5, teacher feedback and fading, synthesizes evidence across code, tests and explanations, after which AI support is reduced in the next task.

The cycle is deliberately iterative. A student who cannot explain an AI-generated loop should return to the problem representation stage rather than simply ask for another version of the code. Likewise, a student who can detect and correct an AI error may be ready for less assistance. This dynamic adjustment is crucial because identical AI access can function as scaffolding for one student and as cognitive offloading for another. The teacher's role is therefore not displaced; it shifts toward designing evidence-rich tasks, setting verification rules and interpreting interaction traces.

4. Measurement Framework and Word-Equation Indicators

To make the model usable in classroom research, CT should be evaluated as a multidimensional construct rather than a single programming score. A practical rubric can rate decomposition, abstraction, algorithmic thinking, debugging and evaluation on a common scale (for example, 0-4). When dimensions are not equally important, a weighted Computational Thinking Index (CTI) can be calculated. In the following equations, s_i represents the student's score on dimension i and w_i represents its instructional weight.

$$\mathrm{CTI} = (\Sigma_{i=1}{}^{k}\, w_i\, s_i) \,/\, (\Sigma_{i=1}{}^{k}\, w_i) \quad (1)$$

The CTI is not intended to replace qualitative evidence. Its purpose is to make growth patterns visible while preserving component-level interpretation. A student may improve substantially in debugging while remaining weak in abstraction; the total score should therefore always be read together with the rubric profile and samples of work.

When pre- and post-task or pre- and post-unit scores are available, normalized learning gain can be used to express the proportion of possible improvement that was achieved. Here S_pre and S_post are the pre- and post-assessment scores and S_max is the maximum obtainable score.

$$g = (S_{post} - S_{pre}) \,/\, (S_{max} - S_{pre}) \quad (2)$$

Because AI feedback can be fast but pedagogically weak, its usefulness should also be judged through multiple criteria. The proposed AI Feedback Utility (AFU) score combines correctness (C), explanatory quality (E), timeliness (T) and support for learner reasoning (R). The coefficients are teacher-defined weights that sum to one. In a programming lesson, the reasoning component should normally receive a substantial weight so that an immediately correct answer does not outrank a slightly slower explanation that stimulates verification.

$$\mathrm{AFU} = \alpha C + \beta E + \gamma T + \delta R,\ \alpha + \beta + \gamma + \delta = 1 \quad (3)$$

These indicators provide a researchable link between teaching method and learning evidence. For example, a study may compare CTI growth under unrestricted AI use and progressive-hint use, while AFU ratings can identify which feedback characteristics are associated with stronger debugging explanations. Importantly, no

causal inference should be made from these indicators without an appropriate experimental or quasi-experimental design.

5. Classroom Implementation Matrix

Table 1 translates the model into lesson-level actions. It is designed for tasks in Python, Java, Scratch or similar environments and can be adapted to databases, algorithms or data literacy. The key methodological rule is that every AI action must correspond to an observable student action. This prevents a lesson from being evaluated solely by the quantity of AI interaction.

Table 1. Alignment of computational-thinking dimensions with AI-supported formative assessment.

CT dimension	Teacher task design	Permitted AI support	Required student evidence	Formative decision
Decomposition	Present an authentic problem with multiple subgoals.	Ask questions that help identify subproblems; no full code.	Written task breakdown and dependency map.	If subgoals are missing, return to representation before coding.
Abstraction	Require selection of relevant data, states and constraints.	Generate contrasting representations or counterexamples.	Justification of chosen variables, structures or model.	If irrelevant detail dominates, prompt comparison of representations.
Algorithmic thinking	Require pseudocode or flow before implementation.	Critique logic, ask “what happens if…?” and suggest test cases.	Algorithm explanation plus trace on sample input.	If logic is copied without explanation, reduce AI output and increase tracing.
Debugging	Use code containing conceptual and syntactic faults.	Provide graduated hints; identify error region only after failed attempts.	Error hypothesis, test evidence, correction and explanation.	If student verifies systematically, fade hints on the next task.
Evaluation	Ask learners to compare two solutions, including one AI-generated.	Offer alternative solution only after criteria are stated.	Efficiency, readability, correctness and limitation analysis.	If evaluation is superficial, require adversarial tests or peer review.

A typical 45- to 90-minute lesson can implement the matrix without requiring a specialized platform. The instructor can provide a programming problem, a rubric and a prompt protocol. Students first submit a short problem representation and pseudocode. They may then consult an approved GenAI system using prompts such as “Ask me two questions that will help me find the error without giving the answer,” “Generate three boundary test cases,” or “Compare my algorithm with a different approach and identify assumptions.” These prompt forms preserve agency because they request cognitive support rather than task completion.

Assessment artifacts should include the student's initial attempt, selected AI interactions, test results, revised code and a brief verification note. The note can answer

three questions: What did the AI suggest? How did I test whether it was correct? What did I change or learn? This produces an audit trail that supports feedback and academic integrity while also revealing metacognitive behavior. Progressive prompting research and recent studies of AI-assisted programming suggest that deeper interaction patterns are associated with stronger CT-oriented engagement than one-shot answer requests (Gong et al., 2025; Liu et al., 2026).

6. Discussion

The proposed model addresses a central paradox of contemporary informatics education: AI can increase visible performance while simultaneously decreasing the amount of thinking that learners personally perform. A methodology focused only on completed code may therefore overestimate learning. The solution is not necessarily to prohibit AI, because AI-assisted programming is becoming part of authentic computing practice. Instead, assessment should make invisible reasoning visible through prediction, explanation, testing, comparison and reflection.

This argument is consistent with broader CT research. Project-based learning has been associated with improvements in multiple CT dimensions, particularly when students must solve meaningful problems rather than reproduce isolated procedures (Zhang, Guan, & Hu, 2024). Reviews of CT integration also emphasize the need for teacher support, pedagogical knowledge and assessment practices that connect computational processes with classroom evidence (Liu et al., 2024). GenAI adds a new layer to this requirement: teachers now need to design not only tasks but also boundaries and purposes for machine assistance.

The model also implies a change in what counts as programming competence. In an AI-rich environment, competence includes the ability to formulate a problem, interrogate generated outputs, construct tests, identify hallucinations or hidden assumptions, compare alternatives and decide when not to use AI. These are not peripheral digital-literacy skills; they are increasingly part of expert computational practice. Thus, AI literacy and CT should be integrated rather than taught as separate units.

Several safeguards are necessary. First, students need clear rules about what data may be entered into external systems, especially in institutional contexts. Second, teachers should avoid treating AI explanations as automatically correct and should model verification publicly. Third, assessment should include some AI-restricted or AI-free checkpoints to estimate independent capability. Fourth, support should fade as competence grows. These principles align with UNESCO's human-centered guidance and with recent evidence that unverified dependency can weaken the relationship between perceived and actual competence (UNESCO, 2023; Liu et al., 2026).

The article is conceptual and therefore has limitations. The proposed CTI and AFU metrics are design tools, not validated scales, and their weights should be tested for reliability and sensitivity in different age groups and subject areas. The model also assumes reliable access to digital infrastructure and teacher capacity to monitor AI use. Future empirical research should compare unrestricted AI, progressive-hint AI and non-AI conditions; analyze prompt and code-revision logs; and include delayed

transfer tasks rather than only immediate performance. Such studies could clarify when AI functions as productive scaffolding and when it becomes a substitute for reasoning.

7. Practical Implications for Informatics Teachers and Curriculum Designers

At lesson level, the model requires a deliberate separation between the problem-solving phase and the assistance phase. A teacher can operationalize this by using an 'AI gate': before students are permitted to consult a generative system, they submit a short representation of the problem, an initial algorithm or pseudocode, and one predicted difficulty. The gate does not need to be bureaucratic; a two-minute exit-style note, a learning-management-system form or a screenshot of initial work is sufficient. Its methodological value is that it preserves a trace of independent reasoning. Without such a trace, the teacher cannot distinguish a student who used AI to refine an emerging idea from a student who delegated the entire task.

Prompt protocols should also be taught as part of informatics methodology. Students should learn that a useful educational prompt is not necessarily the prompt that produces the most complete answer. Early in a unit, teachers can restrict prompts to diagnostic forms such as 'Ask me questions that reveal what I have misunderstood', 'Give one hint without writing the solution', or 'Create test cases that could falsify my algorithm'. Later, learners can compare their own solution with an AI-generated alternative and explain trade-offs. This progression treats prompting as a metacognitive skill: the student chooses the type and intensity of help needed, then evaluates whether the support improved understanding. Such practices are compatible with findings that progressive prompting and deeper human-computer interaction can support computational-thinking development (Gong et al., 2025).

At curriculum level, assessment should be diversified so that different forms of competence remain visible. A balanced informatics course can combine AI-permitted projects, AI-restricted in-class tasks, oral code explanations, debugging interviews and portfolio evidence. The purpose of AI-restricted checkpoints is not surveillance; it is calibration. Students need opportunities to compare what they can accomplish with assistance and what they can explain or reproduce independently. Teachers can use this difference as formative evidence and adjust the amount of scaffolding accordingly. When independent performance improves, support should fade; when a student can produce functioning code but cannot justify decisions, the next task should emphasize tracing, testing and explanation rather than additional code generation.

Teacher professional development is equally important. Instructors need enough AI literacy to recognize common failure modes, but they also need assessment literacy to decide which errors are educationally productive. A generated answer that contains a subtle logical flaw can be more useful than a perfect answer if the lesson asks students to detect and repair it. Teachers can therefore build 'critique-the-AI' episodes into regular instruction: present two generated solutions, require students to create adversarial test cases, and ask them to rank the solutions using explicit criteria. This approach transforms hallucination and uncertainty from purely technical risks into

objects of disciplined inquiry, while still requiring safeguards for privacy, copyright and responsible use.

Finally, implementation should be feasible under ordinary classroom conditions. The proposed cycle does not require continuous automated monitoring or expensive analytics. A teacher can begin with one AI-supported task per unit, collect a small set of artifacts, and use a simple CT rubric. Over time, prompt logs and revision histories can enrich the evidence base, but the methodological core remains human interpretation of student reasoning. This is particularly important in school informatics, where access to devices and AI services may be unequal. Equivalent non-AI scaffolds - teacher hints, peer questioning, worked-example fading and test-case cards - should be available so that the learning objective is not tied to one commercial technology.

8. Illustrative Lesson Scenario: Debugging and Boundary Testing

An illustrative 70-minute Python lesson can demonstrate how the model operates without turning AI use into the main objective. The learning outcome is that students will diagnose a logical error in a function that calculates a progressive shipping fee, construct boundary tests, and explain why the corrected algorithm is valid. During the first ten minutes, students inspect a short faulty function and predict outputs for three inputs. They are not allowed to use AI. The teacher collects predictions and asks students to mark the exact condition in which they expect the program to fail. This stage reveals whether learners understand Boolean conditions and interval boundaries before any external assistance is introduced.

During the next fifteen minutes, students work individually or in pairs to write at least four test cases, including two boundary values. They must record expected and actual outputs. Only after this evidence is produced does the AI gate open. Students may use one of three teacher-approved prompt types: a diagnostic question prompt, a test-generation prompt, or an explanation prompt. A diagnostic request might be, 'Do not rewrite my function. Ask me two questions that help me locate the logical error.' A test-generation request might ask for additional edge cases without revealing the correction. Students paste only the minimum code necessary and are reminded not to share personal or confidential data.

The verification phase occupies approximately twenty minutes. Each AI suggestion must be labeled as accepted, modified or rejected. Students then run the proposed tests and annotate what the results show. If the AI proposes a complete replacement function, the student cannot submit it directly; the learner must first identify which condition changed, explain the difference in plain language, and demonstrate the effect with at least one failing test from the original version and one passing test from the revision. The teacher circulates using a short rubric focused on error hypothesis, test quality, explanation and independence. A student who repeatedly asks for full solutions receives a process-level prompt from the teacher, whereas a student who verifies systematically is encouraged to attempt the next variation with reduced AI support.

The final twenty-five minutes are devoted to consolidation and formative decision-making. Students complete a three-sentence verification note: 'My initial error

hypothesis was...', 'The strongest evidence was...', and 'I would detect a similar error next time by...'. Two contrasting solutions are then discussed publicly: one concise but opaque solution and one slightly longer solution with clearer boundary logic. The class evaluates both using correctness, readability and testability criteria. The teacher uses the collected evidence to decide whether the next lesson should emphasize Boolean logic, test design or code explanation. In this scenario, AI is present but structurally secondary: the lesson still has a meaningful diagnostic phase, an independent attempt, a verification requirement and a teacher-controlled fading decision. This is the intended methodological relationship between GenAI and informatics learning.

9. Conclusion

Generative AI has made it possible for students to obtain code and explanations before they have fully constructed the reasoning needed to produce or evaluate them. This changes the methodological priorities of informatics education. The central teaching problem is now to preserve productive cognitive activity while using AI's speed and responsiveness strategically. The AI-supported formative assessment cycle proposed in this article organizes learning around diagnosis, authentic problem solving, graduated hints, verification, teacher feedback and fading. Its measurement framework and classroom matrix provide concrete tools for lesson planning and future research. The most important principle is simple: AI output should never be treated as the end of the task; it should become new evidence that the learner must test, explain and transform. When this principle is built into assessment, GenAI can support computational thinking without displacing student authorship.

References

1. Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21, 5-31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5
2. Bringula, R. P. (2024). ChatGPT in a programming course: Benefits and limitations. Frontiers in Education, 9, 1248705. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1248705
3. Gong, X., Xu, W., & Qiao, A. (2025). Exploring undergraduates' computational thinking and human-computer interaction patterns in generative progressive prompt-assisted programming learning. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 22, 51. https://doi.org/10.1186/s41239-025-00552-y
4. Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81-112. https://doi.org/10.3102/003465430298487
5. Kohen-Vacs, D., Usher, M., & Jansen, M. (2025). Integrating generative AI into programming education: Student perceptions and the challenge of correcting AI errors. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 35, 3166-3184. https://doi.org/10.1007/s40593-025-00496-4
6. Liu, D., Fan, G., & Pan, L. (2026). Tool, tutor, or crutch? A grounded theory of cognitive scaffolding and offloading in AI-assisted programming education. International Journal of STEM Education, 13, 10. https://doi.org/10.1186/s40594-025-00592-w

7. Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: A systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. International Journal of STEM Education, 11, 51. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6
8. Qian, Y. (2025). Pedagogical applications of generative AI in higher education: A systematic review of the field. TechTrends, 69, 1105-1120. https://doi.org/10.1007/s11528-025-01100-1
9. Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. Educational Research Review, 22, 142-158. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003
10. UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO.
11. Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215
12. Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., Lin, T. J., & Chiu, T. K. F. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21, 40. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00468-z
13. Zhang, W., Guan, Y., & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. Education and Information Technologies, 29, 14513-14545. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2

AI-SUPPORTED MUSIC PEDAGOGY: EFFECTS ON SELF-REGULATED PRACTICE, MUSICAL CREATIVITY, AND PERFORMANCE ANXIETY

Sakina Shamil Shirinova
Music Pedagogy
Azerbaijan State Pedagogical University (ADPU), Azerbaijan

Abstract

Artificial intelligence is rapidly entering music education through adaptive practice applications, automatic pitch and rhythm analysis, generative composition tools, intelligent accompaniment, and personalized feedback. Yet the educational value of these systems depends on pedagogy rather than technical novelty alone. This conceptual and methodological article proposes a psychological-pedagogical model linking AI-supported music learning with self-regulated practice, musical creativity, self-efficacy, and music performance anxiety. The model draws on self-regulated learning, Social Cognitive Theory, cognitive load theory, and human-centered music pedagogy. AI is treated as a scaffold that can support planning, monitoring, feedback, and reflection, while the teacher remains responsible for artistic interpretation, cultural

context, ethical judgment, and emotional support. A proposed mixed-method study with university music students is presented. Native Word equations specify composite scoring, normalized learning gain, multiple regression, and mediation effects. An illustrative measurement table and diagram demonstrate how findings may be reported without claiming that primary data have already been collected. The article argues that effective integration should preserve student agency, embodied musicianship, stylistic diversity, and the relational character of music teaching. The desired outcome is not technologically perfect performance, but reflective musicians who can listen critically, regulate practice, create meaningfully, and perform with greater confidence.

Keywords: music pedagogy; artificial intelligence; self-regulated learning; musical creativity; performance anxiety; higher education

1. Introduction

Music pedagogy combines cognitive, affective, social, auditory, and motor learning. Students must coordinate perception, memory, technique, expressive intention, and bodily control while responding to teachers, peers, audiences, and cultural traditions. AI introduces a new layer into this ecology. A practice application can detect intonation or rhythmic instability immediately; a generative system can propose harmonic alternatives; an intelligent accompanist can adapt tempo in real time. These functions can expand opportunities for individualized practice, especially when teacher contact time is limited.

However, musical learning cannot be reduced to the correction of measurable errors. Tone quality, phrasing, stylistic authenticity, emotional communication, and artistic risk often require situated human judgment. The central pedagogical question is therefore not whether AI should replace the teacher, but how it can support learning without narrowing musicianship to what an algorithm can easily quantify. This article addresses that question by linking AI-assisted practice to self-regulation, creativity, and performance anxiety.

2. Theoretical and Pedagogical Background

2.1. Self-Regulated Music Practice

Self-regulated learning describes a cyclical process in which learners set goals, select strategies, monitor performance, interpret feedback, and adapt later action. In instrumental and vocal study, productive practice is not simply repetition. It involves diagnosing a problem, isolating a passage, choosing tempo and technique, evaluating the result, and reintegrating the passage into a musical whole. AI can externalize parts of this process by producing visual feedback on pitch, onset, tempo stability, or practice history. Such feedback is most useful when it stimulates reflection rather than replacing attentive listening.

Ou, Nogueira, and Qin (2025) reported that AI-assisted practice applications can support music learners' performance, self-efficacy, and self-regulated learning. The pedagogical mechanism is plausible: immediate, specific feedback shortens the delay between action and correction, while progress displays make improvement visible. Nevertheless, numerical scores may create shallow goal orientation if students begin optimizing the application's metric instead of developing musical understanding.

Teachers should therefore connect automated indicators with aural explanation and expressive goals.

2.2. Creativity and Human–AI Co-Creation

Generative AI can propose melodies, accompaniments, textures, orchestrations, or stylistic transformations. In education, this can lower the barrier to experimentation and provide contrasting materials for analysis. A student may compare three harmonizations, explain aesthetic preferences, reject inappropriate suggestions, and create a personally justified version. In this role, AI functions as a stimulus or "possibility generator," while creative ownership remains with the learner.

A critical synthesis by Sánchez-Jara et al. (2024) identified personalization, intelligent tutoring, composition support, interactive ear training, assessment, collaboration, and assistive technologies as major areas of AI application in music education. More recent work suggests that generative-AI-supported collaborative music creation may strengthen creative interest, creative self-efficacy, and perceived competence (Li et al., 2026). Yet creativity can be weakened when students accept the first generated output, imitate dominant datasets, or mistake stylistic plausibility for originality. Pedagogy must require selection, transformation, explanation, and attribution.

2.3. Performance Anxiety and Psychological Safety

Music performance anxiety includes anticipatory worry, physiological arousal, self-focused attention, fear of evaluation, and disruption of well-learned motor or vocal patterns. AI may reduce anxiety by creating a private, repeatable, low-stakes practice space. Learners can rehearse difficult passages, receive feedback, and observe gradual improvement before public performance. Increased perceived control may strengthen self-efficacy and reduce threat appraisal.

At the same time, constant scoring and error detection may intensify perfectionism. Students may become preoccupied with visual accuracy, compare dashboards, or interpret small deviations as failure. AI feedback should therefore be selective, developmentally appropriate, and paired with self-compassion, expressive exploration, breathing, attentional control, and simulated performance. The teacher's relational support remains essential because anxiety is not merely a technical deficit.

2.4. Human-Centered Music Pedagogy

A human-centered approach assigns AI limited and transparent roles. The system may act as mirror, coach, accompanist, or creative prompt; the teacher remains curator, interpreter, ethical guide, and emotionally responsive mentor. Students should understand what data are collected, how scores are produced, where bias can appear, and when automated feedback is unsuitable. Traditional and local musical practices deserve special protection because training datasets may privilege dominant Western notational and stylistic conventions.

3. Proposed Research Model and Hypotheses

The proposed model includes AI-supported pedagogical quality (APQ), self-regulated practice (SRP), musical self-efficacy (MSE), creative engagement (CE), and music performance anxiety (MPA). APQ refers to feedback that is timely,

interpretable, goal-aligned, and integrated with teacher guidance. The model separates pedagogical quality from mere frequency of technology use.

H1: Higher AI-supported pedagogical quality is positively associated with self-regulated practice. Clear feedback and progress information should improve goal setting, monitoring, and strategic adjustment.

H2: Self-regulated practice is positively associated with musical self-efficacy. Students who can diagnose difficulties and observe effective strategy use are expected to develop stronger competence beliefs.

H3: Musical self-efficacy is negatively associated with music performance anxiety. Stronger perceived control should reduce threat appraisal and catastrophic expectations.

H4: AI-supported pedagogical quality is positively associated with creative engagement when students are required to evaluate, transform, and justify generated material.

H5: Teacher scaffolding moderates the association between AI support and creative engagement. AI use should be more beneficial when human guidance protects artistic agency and prevents passive acceptance.

H6: Self-regulated practice and musical self-efficacy sequentially mediate the relationship between AI-supported pedagogical quality and performance anxiety.

Pedagogical Interpretation

The same technological feature can produce different outcomes depending on instructional design. Automatic error detection may support a novice who cannot yet identify unstable intonation, but distract an advanced performer working on color and phrase direction. Generative accompaniment may motivate experimentation, but also homogenize style if students do not compare sources or understand genre conventions. Effective pedagogy therefore requires learner–task fit: feedback intensity, task complexity, prior ability, and artistic purpose must be aligned.

A three-phase instructional cycle is proposed. In the forethought phase, students define a musical goal and predict likely challenges before activating AI support. In the performance phase, they practice with limited feedback windows instead of continuous correction. In the reflection phase, they compare automated feedback with recordings, scores, bodily sensations, and teacher comments, then write a short strategy decision for the next session. This cycle converts data into metacognitive learning.

Ethical and Cultural Position

Audio recordings and practice histories are personal educational data. Consent, secure storage, retention limits, and the right to delete recordings should be explicit. AI-generated music must be discussed in relation to authorship, copyright, dataset transparency, and attribution. Students should not upload protected scores or identifiable performances without authorization. Assessment should never rely exclusively on opaque automated scores.

Cultural fairness is equally important. Mugham, oral traditions, microtonal practices, ornamentation, flexible timing, and region-specific timbres may be misclassified by systems trained on equal temperament and Western notation. Apparent “error” may represent stylistic knowledge. Human experts must validate

feedback, and students should be encouraged to challenge algorithmic judgments with musical evidence.

Research Questions

The study asks whether AI-supported pedagogy predicts better self-regulation and creativity, whether efficacy explains reduced performance anxiety, and which students benefit or experience pressure. Qualitative interviews will explore how learners interpret feedback, protect artistic identity, and negotiate authority between teacher, ear, score, body, and algorithm.

4. Proposed Method

4.1. Design and Participants

A 10-week mixed-method quasi-experimental study is proposed with approximately 120 ADPU music students. Classes may be assigned to AI-supported blended instruction or teacher-guided instruction using the same repertoire and learning objectives. Pre-test, post-test, and delayed follow-up measures should be collected. Instrument, voice type, prior achievement, practice experience, year of study, and prior AI experience should be recorded. Ethics approval and informed consent are required before recruitment.

4.2. Measurement Plan

Table 1. Proposed constructs and measurement indicators. Established scales should be adapted cautiously, translated through forward–back translation, and validated for the ADPU music-education context.

Construct	Operational focus	Items	Example indicator
AI pedagogical quality	Useful, clear, goal-aligned feedback	7	AI feedback helps me decide what to practise next.
Self-regulated practice	Planning, monitoring, strategy adaptation	8	I change my strategy when a passage does not improve.
Musical self-efficacy	Confidence in learning and performing	7	I can master technically difficult musical tasks.
Creative engagement	Exploration, selection, transformation	6	I critically transform ideas rather than copying them.
Performance anxiety	Worry, arousal, cognitive interference	8	Worry disrupts my concentration before performance.

4.3. Quantitative Analysis

A composite score for participant i across k valid items is calculated as:

$$S_i = (1/k) \sum_{j=1}^{k} x_{ij}$$

Normalized learning gain for a performance score bounded by Smax is:

$$g_i = (Spost,_i - Spre,_i) / (Smax - Spre,_i)$$

A regression predicting post-intervention performance anxiety is:

$$MPApost = \beta_0 + \beta_1 APQ + \beta_2 SRP + \beta_3 MSE + \beta_4 MPApre + \beta_5 Controls + \varepsilon$$

The sequential indirect effect through self-regulated practice and musical self-efficacy is:

$$IE = a_1 \times d_{21} \times b_2$$

Reliability, factor structure, baseline equivalence, effect sizes, confidence intervals, missing-data rules, and model assumptions should be reported. Bootstrap confidence intervals are recommended for indirect effects. Repeated measures may be analyzed with mixed-effects models to account for observations nested within students and classes.

4.4. Qualitative Component

Semi-structured interviews and weekly practice reflections should examine perceived usefulness, pressure from scoring, creative ownership, teacher support, and cultural validity. Thematic analysis can triangulate survey and performance findings, especially when quantitative averages conceal different learner profiles.

5. Illustrative Results Framework and Discussion

Figure 1 presents hypothetical standardized coefficients solely to demonstrate the intended reporting format. These values are not ADPU findings and must not be interpreted as collected evidence.

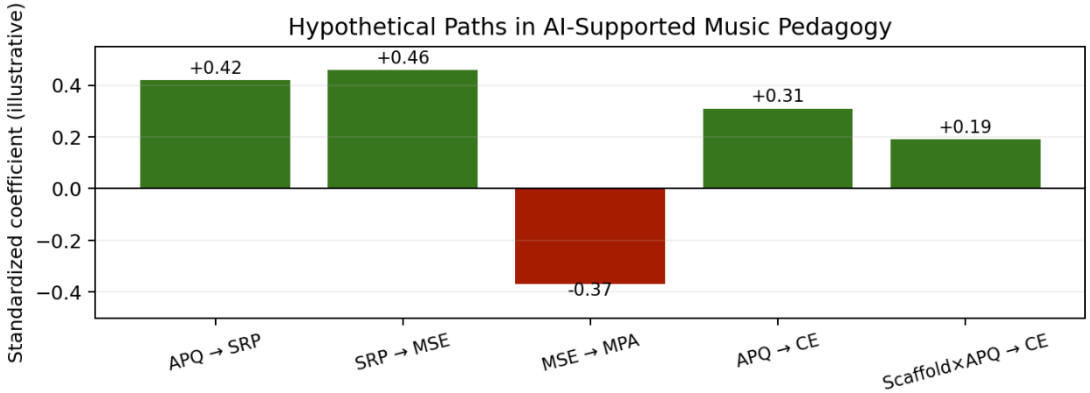


Figure 1. Hypothetical path coefficients for demonstration only. APQ = AI-supported pedagogical quality; SRP = self-regulated practice; MSE = musical self-efficacy; MPA = music performance anxiety; CE = creative engagement.

Interpretation of the Proposed Pattern

If supported, the model would suggest that AI contributes to lower performance anxiety indirectly by improving the quality of practice and strengthening competence beliefs. This would caution against claims that technology itself "treats" anxiety. The educational mechanism would be structured mastery: learners set manageable goals, receive interpretable feedback, make effective corrections, and accumulate evidence that they can control preparation.

The creativity pathway has a different logic. Generative tools expand the option space, but artistic learning occurs when students listen, compare, reject, transform, and justify. Teacher scaffolding should strengthen this process by asking why a generated idea fits the form, style, text, or intended emotion. Students may also create one version without AI, one with AI prompts, and a final integrated version accompanied by a reflective commentary.

Implications for Music Teacher Education

Future music teachers need three connected forms of competence. Musical competence enables them to recognize when algorithmic feedback conflicts with style

or expressive intent. Pedagogical competence enables them to sequence feedback, fade support, and differentiate tasks. AI literacy enables them to evaluate limitations, data practices, bias, and authorship. Training should therefore combine tool use with lesson design, listening-based critique, and ethical case analysis.

A practical lesson may begin with teacher modeling, continue with a limited AI-assisted practice interval, and conclude with unplugged performance plus reflective discussion. Automated scores should never become the sole grade. Balanced assessment can include technical accuracy, musical expression, stylistic understanding, self-regulation evidence, creative decision making, and the ability to explain revisions.

Limitations and Future Research

The proposed quasi-experiment cannot fully eliminate selection and teacher effects. Different instruments, repertoire, and systems may yield heterogeneous outcomes. Self-report should be combined with blind expert ratings, practice logs, recordings, and follow-up measures. Future research should compare continuous versus faded feedback, novice versus advanced learners, and Western-notated versus orally transmitted or microtonal traditions. Studies should also test whether private AI practice reduces anxiety or inadvertently strengthens perfectionistic monitoring.

Pedagogical Safeguard

AI should be withdrawn when it disrupts listening, increases distress, misclassifies culturally valid performance, or weakens independent problem solving. The teacher must retain the authority to contextualize or reject algorithmic feedback, and students should be explicitly permitted to disagree with a system using musical reasoning.

6. Conclusion

AI-supported music pedagogy has meaningful potential when technology is positioned as a scaffold rather than an artistic authority. Immediate feedback, adaptive practice, and generative exploration may support self-regulation, self-efficacy, creativity, and psychological preparation. Yet benefits depend on human guidance, learner–task fit, cultural validity, privacy protection, and deliberate opportunities to perform and create without technological support.

For ADPU, the proposed study offers a framework for connecting music pedagogy with educational psychology and responsible innovation. The central aim is not to produce musicians who obey dashboards, but reflective artists and teachers who can use evidence, listen critically, regulate practice, protect cultural meaning, and communicate expressively. In this model, the most important intelligence remains pedagogical and musical judgment: knowing which feedback matters, when it matters, and when a human ear, body, relationship, or tradition must lead.

References

1. Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.
2. Hallam, S., Creech, A., Varvarigou, M., & Papageorgi, I. (2022). The Oxford handbook of music performance. Oxford University Press.
3. Li, M., Zhao, Y., Shan, X., & Du, X. (2026). Differentiated empowerment and boundary effects of AI-assisted music learning: A mixed-methods study of learning

motivation, self-regulated learning, and creative performance. Journal of Intelligence, 14(7), 126. https://doi.org/10.3390/jintelligence14070126
4. Ou, J., Nogueira, J., & Qin, C. (2025). Exploring the impact of AI-assisted practice applications on music learners' performance, self-efficacy, and self-regulated learning. Frontiers in Psychology, 16, 1675762. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1675762
5. Papageorgi, I., Hallam, S., & Welch, G. F. (2007). A conceptual framework for understanding musical performance anxiety. Research Studies in Music Education, 28(1), 83–107.
6. Sánchez-Jara, J. F. M., González Gutiérrez, S., Cruz Rodríguez, J., & Syroyid, B. (2024). Artificial intelligence-assisted music education: A critical synthesis of challenges and opportunities. Education Sciences, 14(11), 1171. https://doi.org/10.3390/educsci14111171
7. Williamon, A., Aufegger, L., & Eiholzer, H. (2014). Simulating and stimulating performance: Introducing distributed simulation to enhance musical learning and performance. Frontiers in Psychology, 5, 25. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00025
8. Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory Into Practice, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

GENERATIVE AI USE, ACADEMIC SELF-EFFICACY, AND ANXIETY AMONG UNIVERSITY STUDENTS: A PROPOSED PSYCHOLOGICAL MODEL

Gular Akif Mammadova
General Psychology
Azerbaijan State Pedagogical University (ADPU), Azerbaijan

Abstract

The rapid normalization of generative artificial intelligence (GenAI) in higher education has created a psychologically ambivalent learning environment. Immediate feedback, personalized explanations, and low-stakes rehearsal may strengthen students' perceived competence; however, uncertainty about accuracy, academic integrity, surveillance, and future employability may also intensify anxiety and encourage dependency. This conceptual and methodological article proposes a testable model linking purposeful GenAI use, AI literacy, academic self-efficacy, academic anxiety, and problematic reliance among university students. Drawing on Social Cognitive Theory and the Interaction of Person–Affect–Cognition–Execution framework, the model treats self-efficacy as both a protective psychological resource and a possible mechanism through which well-scaffolded AI use supports learning. Anxiety is positioned as an affective pathway that may convert academic stress into excessive reliance. A cross-sectional survey design with structural modeling is proposed. Native Word equations specify scale scoring, Pearson correlation, multiple

regression, and indirect effects. An illustrative table and diagram demonstrate the intended reporting structure without claiming that primary data have already been collected. The article argues that universities should move beyond simple permission/prohibition policies and develop psychologically informed AI literacy, assessment design, and human support systems that preserve autonomy, critical judgment, and student well-being.

Keywords: generative artificial intelligence; academic self-efficacy; academic anxiety; university students; AI literacy; problematic reliance

1. Introduction

Generative AI has moved from novelty to ordinary academic infrastructure. Students now use conversational systems to explain concepts, generate examples, revise language, plan assignments, and receive rapid feedback. This expansion creates a central question for general psychology: does GenAI function primarily as mastery-supporting scaffolding, or does it become an avoidance-based coping mechanism when students feel unable to meet academic demands independently? The answer is unlikely to be uniformly positive or negative. Psychological outcomes depend on the learner's competence beliefs, emotional state, reasons for use, level of AI literacy, and the educational context in which the tool is embedded.

UNESCO (2023) recommends a human-centered approach that protects agency, privacy, and pedagogical purpose. This orientation is psychologically important because control, competence, and meaningful feedback shape motivation and adaptation. The present article therefore examines not merely frequency of use, but the quality and function of use. It distinguishes strategic assistance—such as requesting feedback and checking alternative explanations—from uncritical substitution, in which students outsource reasoning and become unable or unwilling to perform core academic tasks without AI.

2. Theoretical Background

2.1. Academic Self-Efficacy as a Protective Resource

Academic self-efficacy refers to students' judgments of their capability to organize and execute actions required for academic performance. Within Social Cognitive Theory, efficacy beliefs influence task choice, effort, persistence, emotional reactions, and self-regulation. GenAI can provide mastery-like experiences by breaking a difficult task into manageable steps, offering explanations on demand, and allowing repeated practice without social embarrassment. When feedback is calibrated and students remain cognitively active, these experiences may strengthen perceived competence. In contrast, effortless answer substitution may create an illusion of competence: the product improves while the learner's independent capability remains unchanged.

Recent evidence illustrates this dual pathway. Wang et al. (2024) found that lower academic self-efficacy was indirectly associated with greater AI dependency through academic stress and performance expectations. In other words, students who doubt their capabilities may perceive AI as a compensatory route to expected performance. Meanwhile, AI-supported personalized learning has been associated with higher self-efficacy and lower anxiety when it provides adaptive support rather than simple answer

delivery (Liu et al., 2025). The critical variable may therefore be agency-preserving use: learners should evaluate, revise, and explain AI output rather than merely accept it.

2.2. Anxiety, Stress, and Problematic Reliance

Academic anxiety includes worry, tension, anticipatory fear, and cognitive interference related to evaluation or task performance. GenAI may reduce anxiety by lowering uncertainty and providing immediate guidance. It may also create new anxiety through hallucinated information, unclear institutional rules, fear of misconduct accusations, comparison with AI-enhanced peers, and concerns about occupational displacement. This bidirectional possibility explains why raw usage frequency is an inadequate predictor of well-being.

The I-PACE framework is useful for understanding problematic reliance because it connects personal predispositions with affective responses, technology-related expectations, and repeated behavior. Under high academic stress, anxiety may increase the appeal of an always-available tool. Short-term relief reinforces repeated use; repeated use can reduce opportunities for independent mastery; reduced mastery may then weaken self-efficacy and sustain the cycle. Huang et al. (2026) reported that academic anxiety significantly mediated part of the association between academic stress and GenAI dependency, supporting the need to examine emotional processes rather than treating dependency as a purely technical problem.

2.3. AI Literacy and Human Agency

AI literacy includes understanding how generative models produce output, recognizing limitations and bias, protecting personal data, constructing effective prompts, verifying evidence, and deciding when AI should not be used. Literacy may reduce anxiety by replacing ambiguity with informed control. It can also moderate the relationship between use and efficacy: students who understand verification and task boundaries are more likely to convert AI interaction into learning. A psychologically informed curriculum should thus integrate metacognitive questions: What do I know before asking? Which part of the response can I verify? What changed in my own understanding? Could I reproduce the reasoning without the tool?

The present framework treats self-efficacy as task-specific rather than as global self-esteem. It also distinguishes AI anxiety from general academic anxiety. This separation enables researchers to test whether discomfort is caused by academic pressure, by the technology itself, or by their interaction. Such precision is essential for designing interventions: counseling support may address generalized anxiety, whereas transparent policies and guided practice may better reduce AI-specific uncertainty.

3. Research Model and Hypotheses

The proposed model integrates five constructs: purposeful GenAI use (PGU), AI literacy (AIL), academic self-efficacy (ASE), academic anxiety (AA), and problematic GenAI reliance (PGR). Purposeful use denotes active, goal-directed assistance that retains student responsibility. Problematic reliance denotes loss of control, habitual substitution of AI for independent thought, distress when access is unavailable, and continued use despite negative academic consequences.

H1: Purposeful GenAI use is positively associated with academic self-efficacy. Structured feedback and achievable subgoals can create experiences of progress, particularly when the learner evaluates the response and completes a final task independently.

H2: Academic self-efficacy is negatively associated with academic anxiety. Students who believe they can manage academic demands are expected to interpret difficult tasks as challenges rather than uncontrollable threats.

H3: Academic anxiety is positively associated with problematic GenAI reliance. Anxiety can increase avoidance and the immediate attractiveness of external cognitive support.

H4: Academic self-efficacy is negatively associated with problematic GenAI reliance. Stronger efficacy should reduce compensatory outsourcing and support persistence during difficult tasks.

H5: AI literacy strengthens the positive association between purposeful GenAI use and academic self-efficacy. Literate users are more likely to verify, reflect, and transform AI output into personally mastered knowledge.

H6: Academic self-efficacy and academic anxiety sequentially mediate the relationship between purposeful GenAI use and problematic reliance. Purposeful use may strengthen efficacy, stronger efficacy may reduce anxiety, and lower anxiety may reduce reliance motivated by emotional relief.

Conceptual Rationale

The model avoids assuming that all AI use has the same psychological meaning. Two students may use a chatbot for the same amount of time while following different mechanisms. One student may ask for formative feedback, compare alternatives, and then solve a new task unaided. Another may paste every assignment into the system to escape worry. The first pattern can support competence; the second can negatively reinforce avoidance. Measurement should therefore capture intention, cognitive engagement, verification behavior, and perceived loss of control in addition to frequency.

Instructor support is included as a contextual control because clear expectations and feedback reduce ambiguity. Additional controls may include age, gender, field of study, academic year, prior achievement, weekly GenAI use, and prior formal AI training. These variables should not be interpreted mechanically; their inclusion must be justified by theory and sample characteristics. Cross-cultural validation is also important because perceived authority, assessment norms, language access, and attitudes toward help-seeking may influence both anxiety and technology use.

Ethical Position

The framework is not intended to diagnose an addiction or mental disorder. “Problematic reliance” is a behavioral research construct requiring careful validation. Researchers should avoid stigmatizing ordinary educational assistance, disclose that participation is voluntary, collect no identifiable prompts or private conversations without explicit consent, and provide support information if survey items evoke

distress. Institutional review approval and secure data management are required before data collection.

In practical terms, the central outcome is calibrated autonomy: students should be able to benefit from AI while retaining the capacity to plan, reason, verify, and perform essential tasks without it. This emphasis aligns technological adoption with the fundamental psychological goals of competence, agency, and adaptive coping.

4. Proposed Method

4.1. Design, Participants, and Procedure

A cross-sectional explanatory survey is proposed for approximately 300 undergraduate and graduate students from multiple faculties at ADPU. Stratified recruitment across academic years would improve representation. An a priori power analysis should determine the minimum sample after specifying the number of predictors, expected effect size, alpha level, and desired power. Data collection should follow informed consent and ethics approval. A short attention check, completion-time screening, and transparent missing-data rules should be preregistered.

4.2. Measures

Table 1. Proposed measurement structure. Items should be adapted only with permission where required, translated using forward–back translation, and psychometrically validated in the target population.

Construct	Operational focus	Items	Example indicator
Purposeful GenAI use	Active scaffolding and verification	6	I compare AI suggestions with course evidence.
AI literacy	Knowledge, evaluation, ethics, privacy	8	I can identify when an AI answer needs verification.
Academic self-efficacy	Confidence in completing academic tasks	8	I can master difficult course material.
Academic anxiety	Worry and cognitive interference	7	Academic tasks make it difficult for me to concentrate.
Problematic reliance	Loss of control and substitution	7	I struggle to start academic work without GenAI.

4.3. Scoring and Statistical Analysis

After reverse coding where required, each scale score may be calculated as the mean of its valid items. For participant i with k valid responses, the score is:

$$S_i = (1/k) \sum_{j=1}^{k} x_{ij}$$

Internal consistency should be evaluated using omega and alpha, while confirmatory factor analysis tests the measurement model. Pearson correlation between variables X and Y is:

$$r_{xy} = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sqrt{[\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2]}$$

A multiple regression predicting problematic reliance can be written as:

$$PGR_i = \beta_0 + \beta_1 PGU_i + \beta_2 AIL_i + \beta_3 ASE_i + \beta_4 AA_i + \beta_5 Controls_i + \varepsilon_i$$

For sequential mediation, the conditional indirect effect of purposeful use through self-efficacy and anxiety is estimated with bootstrap confidence intervals:

$$IE = a_1 \times d_{21} \times b_2$$

Assumptions, effect sizes, confidence intervals, multicollinearity diagnostics, and missing-data handling should be reported. Cross-sectional findings cannot establish temporal causality; a later longitudinal or experimental phase would be needed to test change and directionality.

5. Illustrative Reporting Framework and Discussion

To demonstrate the intended presentation, Figure 1 uses hypothetical standardized coefficients. These numbers are not observations from ADPU and must not be cited as empirical findings. They show how a final path summary could distinguish protective and risk pathways after actual data collection.

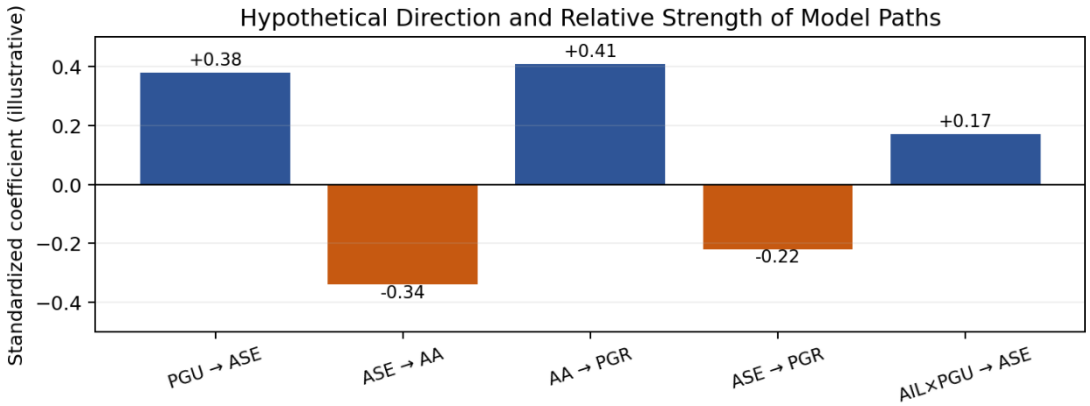


Figure 1. Hypothetical standardized path coefficients for demonstration only; PGU = purposeful GenAI use, ASE = academic self-efficacy, AA = academic anxiety, PGR = problematic GenAI reliance, AIL = AI literacy.

Interpretation of the Proposed Pattern

If the expected pattern is supported, purposeful use would be associated with higher self-efficacy, while stronger self-efficacy would relate to lower anxiety and less problematic reliance. The positive anxiety-to-reliance path would suggest that some students use GenAI for rapid emotional relief rather than solely for learning. The interaction term would indicate that purposeful use is most beneficial when students possess sufficient literacy to evaluate output and maintain epistemic responsibility.

Such results would have several implications. First, banning AI may remove an accessible source of scaffolding without addressing the anxiety or low efficacy that drives misuse. Second, unrestricted adoption may reward product quality while concealing reduced independent competence. A balanced approach should redesign assessment around process evidence, oral explanation, reflection logs, source verification, and staged feedback. Students should practice using AI and then complete a transfer task without assistance.

Practical Recommendations

Universities should provide short compulsory AI-literacy modules covering model limitations, hallucinations, bias, privacy, citation, and discipline-specific boundaries. Instructors should state permitted and prohibited uses in plain language and provide examples of acceptable disclosure. Counseling and academic-support services should recognize that excessive AI reliance can signal anxiety, overload, low confidence, or weak study strategies rather than misconduct alone. Finally, educators should design mastery

experiences: tasks of progressive difficulty, feedback focused on controllable strategies, peer modeling, and opportunities to revise work after explaining one's reasoning.

The proposed framework also encourages differentiated support. Novice users may need guided prompting and verification checklists; anxious students may need predictable assessment criteria and low-stakes practice; highly dependent users may benefit from gradual "AI fading," in which support is reduced across successive tasks. The goal is neither maximal use nor abstinence, but flexible, conscious, and accountable use.

Limitations and Future Research

Self-report measures are vulnerable to social desirability and common-method bias. Future studies should combine surveys with performance tasks, experience sampling, and ethically collected behavioral indicators. Longitudinal research can test reciprocal effects: low efficacy may increase reliance, but reliance may also weaken efficacy by reducing mastery opportunities. Experimental work should compare answer-generating AI, Socratic prompting, formative feedback, and no-AI conditions.

6. Conclusion

Generative AI is simultaneously a cognitive tool, a social signal, and an emotional coping resource. Its psychological effects cannot be understood through usage frequency alone. The proposed model identifies purposeful use and AI literacy as conditions that may support academic self-efficacy, while academic anxiety and low efficacy may increase vulnerability to problematic reliance. This distinction reframes institutional responsibility: universities should cultivate competent, autonomous users rather than simply classify AI as allowed or forbidden.

For general psychology, the emerging research field offers a valuable setting in which to study classic mechanisms—self-efficacy, anxiety, reinforcement, metacognition, and self-regulation—under rapidly changing technological conditions. A rigorous ADPU-based study could contribute context-sensitive evidence from Azerbaijan while maintaining careful ethical boundaries and avoiding inflated causal claims. The most desirable outcome is not dependence on perfect technological assistance, but students who know when to seek support, how to evaluate it, and when to think and act independently.

References

1. Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.
2. Brand, M., Young, K. S., Laier, C., Wölfling, K., & Potenza, M. N. (2016). Integrating psychological and neurobiological considerations regarding the development and maintenance of specific Internet-use disorders: An Interaction of Person–Affect–Cognition–Execution (I-PACE) model. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 71, 252–266. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.08.033
3. Huang, T., et al. (2025). The chain mediating effect of academic anxiety and related psychological factors in the relationship between academic self-efficacy and generative AI reliance. Acta Psychologica. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666557325000345
4. Huang, T., et al. (2026). Academic stress and university students' dependency on generative artificial intelligence: A multiple mediation model using PLS-SEM. BMC Psychology. https://doi.org/10.1186/s40359-026-03986-9

5. Liu, X., et al. (2025). The influence of AI-driven personalized foreign language learning on college students' mental health: A dynamic interaction among pleasure, anxiety, and self-efficacy. Frontiers in Public Health, 13, 1642608. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1642608
6. UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693
7. Wang, C., et al. (2024). Do you have AI dependency? The roles of academic self-efficacy, academic stress, and performance expectations on problematic AI usage behavior. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00467-0
8. Wang, Y.-Y., & Chuang, Y.-W. (2024). Artificial intelligence self-efficacy: Scale development and validation. Education and Information Technologies.
9. Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. Contemporary Educational Psychology, 25(1), 82–91. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1016

Section: Philosophy

UDC: 284:316.356.2(477)

FAMILY RELATIONS IN PROTESTANT COMMUNITIES OF UKRAINE AT THE BEGINNING OF THE TWENTIETH CENTURY: CONFESSIONAL NORMS, LEGAL STATUS, AND EVERYDAY PRACTICES

Shamsutdynova-Lebediuk Tetiana Nazarivna
Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Philosophy,
ORCID: 0000-0001-9288-7005
Lialovych Volodymyr Viktorovych
PhD Candidate
ORCID: 0009-0006-9973-9463
Rivne State University of the Humanities, Ukraine

Family relations in Protestant communities in Ukraine at the beginning of the twentieth century belong to those research topics that for a long time remained on the periphery of church-historical and socio-historical studies. As a result, a key aspect was largely overlooked: the family in these communities was not merely a unit of everyday life but the principal institution for the reproduction of religious doctrine and, at the same time, the most vulnerable point of interaction between the religious community, imperial law, and peasant customary practices [1; 2].

The confessional landscape of the Ukrainian lands was heterogeneous. Lutherans, Reformed Christians, and Mennonites of German and Czech colonies in the South, Volhynia, and Tavria belonged to the recognized “foreign confessions”; they possessed their own consistorial law and maintained metric registers, and therefore their marriages were legally valid. By contrast, Stundists, Baptists, Evangelical Christians, and Seventh-day Adventists, who predominantly originated from Orthodox backgrounds in the Kherson, Kyiv, Katerynoslav, Podolia, and Volhynia regions, were classified as apostates from the established Church. Consequently, it was their families that bore the principal burden of legal restrictions [3].

Prior to 1905, the monopoly of the Orthodox Church over the registration of civil-status acts transformed confessional choice into a matter of family law. A marriage concluded according to a community religious rite had no legal force; children born of such a union were considered illegitimate, with corresponding consequences for inheritance, guardianship, and social-estate status. Administrative practice allowed for the removal of children from their families for the purpose of raising them in the Orthodox faith, as well as for the exile of one of the spouses, which effectively destroyed the household and deprived it of able-bodied members [4]. Polemical

writings by Orthodox missionaries, despite their bias, document these circumstances in considerable detail and therefore remain an important source for reconstructing the everyday life of Protestant communities [5].

The normative model of marriage in late Protestant communities rested on several principles. The first was confessional endogamy: marriage was to be contracted "in the Lord," that is, with a fellow believer. Violation of this requirement entailed disciplinary measures, including admonition, suspension from communion, and, in extreme cases, exclusion from membership, with the possibility of subsequent restoration following repentance. The second principle was the voluntary nature of marriage and the mutual consent of the prospective spouses, which contradicted the widespread peasant practice of arranged marriages. Parental blessing remained a norm but lost its coercive character. The third principle was a restrictive interpretation of the grounds for divorce, which was permitted only in exceptional circumstances and was accompanied by prolonged communal consideration [6].

Community disciplinary control was not merely a repressive mechanism. It performed a function that customary morality fulfilled in the peasant environment, but it was based on a written norm and a formal procedure for consideration at members' meetings. Consequently, marital conflicts, cases of alcoholism, violence, or neglect of household responsibilities became subjects of collective discussion rather than strictly private matters. Such publicity of intra-family relations constitutes one of the most distinctive differences between the Protestant family and the traditional family model [6].

Church wedding as a sacrament was rejected; instead, a prayer rite of marital blessing became established within the congregation, with the participation of a presbyter, accompanied by a sermon, hymn singing, and religious instruction. The traditional wedding ritual cycle was significantly reduced: alcohol, the ceremonial bride-price, divination, and other practices regarded as pagan in origin were excluded. The temperance wedding became a distinctive marker of communal identity and, at the same time, an object of ridicule and disapproval among neighbors [5].

The position of women in Protestant families was characterized by an internal contradiction. The doctrinal requirement of a wife's submission to her husband coexisted with practices that objectively expanded women's autonomy. The requirement of independent Bible reading stimulated female literacy in an environment where it was uncommon; women's meetings, charitable activities, and deaconal work created a separate sphere of female activity; and women's testimonies during congregational meetings legitimized their public speech. At the same time, access to the presbyterial ministry remained closed to women, while normative texts consistently reinforced the hierarchy of marital roles [2].

The economic dimension also deserves attention. Abstinence from alcohol and tobacco, restrictions on expenditure related to ceremonial practices, regular labor, and thrift produced a noticeable economic effect, which was recorded even by unfriendly observers. These practices affected the intra-family distribution of resources: a greater proportion of household funds was directed toward children's education, the

acquisition of books, and improvements to housing. Material prosperity, in turn, became an additional factor contributing to the missionary appeal of Protestant communities among the peasant population [4].

The religious socialization of children was shaped by the rejection of infant baptism. Since membership in the community was acquired through conscious baptism at an age approaching adulthood, responsibility for religious upbringing rested primarily with the family. A stable set of practices emerged: daily family Bible reading, joint prayer, hymn singing, memorization of biblical passages, the father's role as a religious instructor, and, subsequently, Sunday schools and separate children's meetings. Studies of later periods demonstrate considerable continuity of this model, making it possible to regard it as a stable confessional tradition rather than a situational response to external circumstances [9].

Adventist families displayed additional distinctive features. Sabbath observance structured the weekly rhythm of the household, requiring advance planning of work and preparation, while health reform influenced dietary practices and daily routines. In this way, religious doctrine regulated not only festive occasions but also the everyday aspects of family life, intensifying conflicts with the agricultural calendar and with employers [1].

Mennonite families in the German colonies of southern Ukraine require separate consideration. Here, the family functioned as an economic unit of the colony, while family relations were regulated by a developed system of internal law: communal control over marriage arrangements, a system of guardianship for widows and orphans, and regulated procedures for the inheritance and division of property. These institutions ensured demographic and property stability while simultaneously increasing the dependence of the individual on the community [10]. The liquidation legislation of 1915, deportations, and wartime requisitions destroyed this equilibrium and initiated the process of mass emigration in the following decade [2].

Mixed-confessional families constituted a separate problematic category. The conversion of one spouse transformed a private family conflict into a matter subject to the intervention of parish clergy, the rural community, and the administration. Sources document cases involving divorce, disputes over the religious affiliation of children, attempts to force converts to return to Orthodoxy, as well as instances in which confessional differences became grounds for deprivation of property [3]. After 1905, some of these conflicts shifted from the criminal and administrative spheres into the sphere of civil, inheritance, and guardianship disputes. This transition itself indicates a change in the legal status of the Protestant family.

The revolutionary events of 1917 and the introduction of civil registration of civil-status acts ultimately eliminated confessional discrimination in marriage law, although they also subordinated the family to a new ideological framework. In the western Ukrainian lands that became part of Poland, development followed a different trajectory: Evangelical communities operated under conditions of relative legal certainty and developed their own educational and publishing infrastructure, which was largely oriented toward the family and the upbringing of children [6].

Thus, the family model of Protestant communities in Ukraine at the beginning of the twentieth century combined strict confessional discipline with elements that were atypical of the contemporary peasant environment: voluntary choice of a marriage partner, temperance, obligatory literacy of both spouses, the reduction of ritualism, and an increased emphasis on the educational function of the family. The transformation of legal status—from the de facto illegality of Protestant marriages to their recognition under civil law—constitutes an independent research problem, the solution of which requires the involvement of administrative and institutional records.

References

1. Liubashchenko, V. I. Istoriia protestantyzmu v Ukraini: kurs lektsii [History of Protestantism in Ukraine: A Course of Lectures]. Lviv: Prosvita, 1995. 350 p.
2. Stokolos, N. H. Konfesiino-etnichni transformatsii v Ukraini (XIX — persha polovyna XX st.): monohrafiia [Confessional and Ethnic Transformations in Ukraine (19th – First Half of the 20th Century): Monograph]. Rivne: RIS KSU; PPF “Lista-M”, 2003. 480 p.
3. “Ievanhelski khrystyiiany-baptysty (YeKhB)” [Evangelical Christians-Baptists (ECB)]. Encyclopedia of Modern Ukraine. Available at: https://esu.com.ua/article-17270 (accessed September 10, 2026).
4. Panych, O. “Dity i dytynstvo ievhanhelskykh khrystyiian-baptystiv v umovakh piznoho radianskoho chasu (1960—80-ti roky)” [Children and Childhood of Evangelical Christians-Baptists in the Late Soviet Period (1960s–1980s)]. Ukraina Moderna. Available at: https://uamoderna.com/md/panych-children-evangelical-families-ussr/ (accessed September 10, 2026).
5. “Diialnist ievhanhelskykh khrystyiian na zakhidnoukrainskykh zemliakh u mizhvoiennomu dvadtsiatyrichchi” [The Activities of Evangelical Christians in the Western Ukrainian Lands during the Interwar Period]. All-Ukrainian Union of Churches of Evangelical Christians-Baptists. Available at: https://www.baptyst.com/diyalnist-yevangelskyh-hrystyyan-n/ (accessed September 10, 2026).

Section: Physical and Mathematical Sciences

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.017.306-316

FEATURES OF THE INTERNAL STRUCTURE OF NEPTUNE'S SATELLITE TRITON.

Vidmachenko Anatoliy Petrovych
Doctor Phys.-Math. Sci., Professor
Department of Physics
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Abstract. Neptune's moon Triton occupies a unique place among the bodies of the Solar System. It is a gravitationally captured object from the Kuiper Belt. During a close gravitational maneuver near Neptune, the planet's tidal forces tore Triton from its companion. Initially, Triton was in a very elongated orbit. Experiencing extreme tidal deformations during each pericentric passage, the amount of viscoelastic dissipation of Triton's tidal energy was converted from the mechanical energy of orbital motion into internal heat at a high rate. This led to the complete melting of ices and global melting of silicates in the interior of the newly arrived satellite, initiating a complete gravitational differentiation of matter into a silicate-metal core, a silicate mantle, a water ocean, and an ice shell. To maintain the ocean in a liquid state under conditions of low modern tidal heating, the presence of chemicals that lower the freezing point of water is necessary. Ammonia plays a leading role, the concentration of which in the Triton ocean can reach 10–15% by mass. The mixture of water and ammonia has a eutectic melting point at a temperature of ~ 176 K. In addition, contact with the mantle provides high salinity of the water, which makes the Triton ocean highly conductive. Triton's outer crust consists mainly of water ice with admixtures of solid nitrogen, methane, carbon dioxide and carbon monoxide ices in the near-surface layer. The thickness of the crust is estimated from 60 to 150 km. Triton's surface is one of the youngest in the Solar System: its average geological age is estimated in the range from 10 to 100 million years, which indicates the renewal of the relief by cryomagmatic and tectonic processes. From an astrobiological point of view, Triton is one of the most promising objects in the Solar System for the search for extraterrestrial life. Gravitational parameters and low estimated dimensionless moment of inertia (C/MR^2 □ 0.31) indicate a high central mass concentration and deep gravitational differentiation of the satellite's matter. Seasonal redistribution of volatile nitrogen ices can cause periodic wandering of the rotation poles, which imposes additional stresses on the lithosphere. The liquid state of the ocean at temperatures T ~ 176 – 230 K is maintained due to the high ammonia content (10 – 15%), which acts as an antifreeze, and heat dissipation from tilt tides.

Keywords: Triton, tidal deformations, gravitational differentiation of matter, silicate-metal core, young geological age of the surface.

Introduction. Due to certain anomalous physical and dynamic characteristics, Neptune's largest moon Triton occupies a unique place among the bodies of the Solar System [21, 28, 30]. The current consensus indicates that Triton is a gravitationally captured object from the Kuiper Belt. And this process was catastrophic for the existing satellite system around Neptune. The most plausible mechanism of capture is a three-body gravitational interaction during the flyby of a binary system [1, 11, 25]. According to this model, Triton was originally a massive primary component of a binary system of dwarf planets, similar to the modern Pluto–Charon system [9, 14, 24]. During a close gravitational maneuver near Neptune, the planet's tidal forces tore Triton from its companion; the second object gained excess kinetic energy and was ejected into a heliocentric scattering orbit, while Triton lost orbital energy and entered an elliptical bound orbit around Neptune.

Triton initially had a highly elongated orbit with an eccentricity of $e > 0.9$. Moving along this orbit, Triton experienced extreme tidal deformations during each pericentric passage. The amount of viscoelastic dissipation of tidal energy converted the mechanical energy of orbital motion into internal heat at a high rate. This thermal impulse was sufficient to completely melt the ices and globally partially melt the silicates in the interior of the newly arrived satellite. This initiated a rapid gravitational differentiation of matter: heavy iron-nickel and sulfide phases sank to the center, forming a metallic core, silicates formed a massive mantle, and light volatile compounds (H_2O, NH_3, N_2, CH_4, CO_2) formed an outer hydrosphere. That is, colossal tidal deformations were accompanied by the release of a huge amount of heat, which completely melted the interior of Triton and initiated a complete gravitational differentiation of matter into a silicate-metal core, silicate mantle, water ocean, and ice shell. Despite significant interest, the only spacecraft to study Triton up close remains Voyager 2, which flew past the Neptune system in August 1989. Voyager 2 data revealed a geologically active celestial body with a thin nitrogen atmosphere [26], active cryovolcanic geysers [19, 22], and an extremely young surface estimated to be between 10 and 100 million years old. Active nitrogen geyser eruptions [23] have been recorded in the south polar region of Triton. Cryovolcanic plumes there rise to heights of up to 8 km and are then blown by the wind in the thin atmosphere for over 150 km, leaving dark streaks on the surface. There are two models for the energy supply of cryovolcanism:

Solar-greenhouse mechanism: A transparent layer of nitrogen ice focuses solar radiation onto a subsurface layer of dark organic material (tholins). The dark layer heats up, vaporizes nitrogen, and the gas under pressure breaks through the surface crust.

Endogenous (hydrothermal) mechanism: Tidal heating and convection in the ocean cause thermal plumes to penetrate through the icy crust, transporting a liquid mixture of H_2O-NH_3-N_2 to the surface, where nitrogen instantly boils at low atmospheric pressure (1.4 Pa).

Understanding the internal structure of Triton and the mechanisms that support its geological [27] activity at such a significant distance from the Sun is a key task of modern planetary science and astrobiology, since this satellite is one of the most promising candidates for the status of a subsurface ocean world.

Geophysical parameters and general mass distribution model. The main geophysical constraint for building numerical models of the internal structure of Triton is its average density, which according to data from the Voyager 2 spacecraft and radio astrometry is ρ = 2061 ± 6 kg/m3. With an average radius of R = 1353.4 km, Triton is the seventh largest satellite in the Solar System [29].

Comparing the average density of Triton with the density of pure water ice ($\rho_{ice} \approx$ 920–980 kg/m^3) and anhydrous silicate rocks ($\rho_{rock} \approx$ 3200–3600 kg/m^3), we can determine the mass ratio between the rocky and icy components as 65–70% to 35–30%, respectively. This indicates a higher mass fraction of silicates and metals [15] compared to most satellites of Saturn or Uranus. This mass fraction of the hydrosphere corresponds to an outer layer with a thickness of about 250–400 km. The thermal state and internal structure of this outer ice layer are determined by the balance between the heat coming from deep within (radiogenic decay in the core and residual tidal heat) and the rate of heat loss through the crust to space. The main mechanism of heat transfer in a solid ice shell is convection or thermal conduction. The mode of heat transfer critically depends on the viscosity of the ice, which is an exponential function of temperature:

$$\eta(T) = \eta_0 \exp\left[A\left(\frac{T_m}{T} - 1\right)\right],$$

where:

η_0 is the base viscosity at the melting temperature T_m (usually taken within 10^{14}-10^{16} Pa·s),

A – is the dimensionless activation coefficient,

T – is the local ice temperature.

If the ice viscosity is relatively low (~10^{14} Pa·s), thermal convection rapidly occurs in the ice sheet in the “stagnant lid” mode. Convective motions are extremely efficient in removing internal heat to the outside, which, in the absence of powerful heating sources, leads to rapid freezing of the subsurface ocean [6] over a time of the order of 10^7-10^8 years.

However, if the viscosity is high (10^{15} Pa·s), convection does not occur, and heat transfer is carried out exclusively by slow thermal conduction. This crust acts as an effective thermal blanket, retaining the internal radiogenic heat of the mantle so effectively that a liquid subsurface ocean more than 250 km thick is able to exist to this day even without additional tidal feeding.

The surface relief of Triton is characterized by smoothness: elevation differences in the studied area do not exceed ±1 km. For comparison, Pluto has a relief amplitude of up to 4–6 km in the form of high mountain ranges made of water ice. Triton's low relief is due to the high subsurface heat flow, which causes rapid relaxation of viscous deformations of water ice and prevents the preservation of high topographic structures. The heat flow through the crust is estimated to be within $F_{surf} \sim$ (10–100) mW/m^2, which is comparable to the heat flow of Europa (~50 mW/m^2).

The heat balance on the surface of Triton is determined by the balance between the incoming radiation, the conductive heat transfer from the interior, and the infrared radiation into space.

Multilayered internal structure of Triton. The current evolutionary model of Triton assumes a clear layered structure of its interior, formed as a result of differentiation after capture. Gravitational differentiation of Triton has formed four mains physically and chemically distinct shells: a central metallic core, a silicate mantle, a global liquid ocean, and an outer icy crust [16]. Each of the layers has unique physicochemical properties and plays its role in the global geodynamics of the satellite.

Metallic core and sulfide magnetic dynamo. At the very center of Triton is a massive metallic core with a radius $R_{core} \approx 300–400$ km. The core density is estimated to be within $\rho_{core} \sim 7000–8000$ kg/m^3, which corresponds to an alloy of iron and nickel (Fe−Ni) with impurities of light elements, primarily sulfur (S). The formation of the protoplanetary disk in the cold zone contributed to the preservation of a high concentration of sulfides in the primary substance of the satellite (similar to carbonaceous chondrites of the CC type). This determines the special composition of the Fe−FeS system. Under the conditions of cooling of such a melt, the crystallization of the core occurs according to the "FeS layer solidification" scenario. Lighter crystals of iron sulfide (FeS) form in the upper part of the core and float to the boundary with the mantle, while the heavier liquid fluid, enriched in iron, sinks deeper. The created chemical (compositional) convection supports the operation of the hydromagnetic dynamo. Numerical models indicate that such a FeS dynamo could remain active for over 9 billion years, generating Triton's own internal magnetic field with a strength of ∼1 μT at the surface.

Silicate mantle and hydrothermal serpentinization. The metallic core is surrounded by a thick silicate mantle that extends to a radius of $R_{mantle} \approx 950–1050$ km from the center of Triton. The undisturbed silicate matter has a density of $\rho_{mantle} \approx 3200–3600$ kg/m^3 and consists of iron-magnesium minerals – olivine $(Mg,Fe)_2SiO_4$ and pyroxene $(Mg,Fe)SiO_3$.

During the initial thermal peak caused by tidal melting, the liquid water hydrosphere was in direct physical contact with hot silicates. This caused large-scale hydrothermal circulation and rock hydration reactions – serpentinization:

Olivine + Water + CO_2 ⟶ Serpentine + Magnetite + Hydrogen + Methane

The serpentinization process has the following geophysical and geochemical consequences.

A decrease in the density of the upper mantle layer to $\rho \approx 2300–2600$ kg/m^3 due to the incorporation of hydroxyl groups (OH^-) into the crystal lattice of minerals.

Additional release of exothermic heat (∼ 240 kJ per kilogram of reacted olivine), which slows down the cooling of the subsurface.

The release of significant volumes of molecular hydrogen (H_2), which acts as a reducing agent in the subsurface ocean.

Under conditions of thermal insulation from the side of the ice crust, the temperature at the base of the mantle can be maintained at T ∼ 1300–1500 K due to the decay of long-lived radioactive isotopes (^{40}K, ^{232}Th, ^{235}U, ^{238}U). This ensures the plasticity of silicates and the presence of foci of partial melting and additional dissipation of tidal energy directly in the rocky core of the satellite.

Global liquid water-ammonia ocean. Evidence for the existence of such an ocean. The existence of a liquid subsurface ocean on Triton is a logical consequence of its thermal evolution and is confirmed by several independent groups of evidence:

Morphological evidence: The young age of the surface and the virtual absence of large impact craters [2, 3, 20] indicate continuous surface renewal. Cryovolcanic plains (Ruach Planitia) and giant cryolava lakes are the result of the outflow of liquid brines from a subsurface reservoir.

Tectonic evidence: The presence of a complex global network of fault systems and double ridges (sulci), similar to those on Europa, indicates continuous tidal deformation of a thin ice shell floating on a liquid base.

Chemical indicators: The anomalously high concentrations of molecular nitrogen (N_2) and carbon dioxide (CO_2) detected by JWST are products of prolonged hydrothermal synthesis and oxidation of ammonia and methane, which is possible only with prolonged contact of hot silicate rocks with a large volume of liquid water.

To keep the ocean in a liquid state under conditions of low current tidal heating, the presence of chemicals that lower the freezing point of water is necessary. The leading role is played by ammonia (NH_3), the concentration of which in the Triton ocean can reach 10–15% by mass. The mixture of water and ammonia has a eutectic melting point at a temperature of ~ 176 K. In addition, contact with the mantle provides high salinity of water (about 1% salts NaCl, $MgSO_4$, KCl), which makes the Triton ocean highly conductive.

Experimental confirmation of the existence of the ocean is possible using the method of electromagnetic induction sounding. Moving in the magnetic field of Neptune, Triton experiences magnetic field oscillations at two main frequencies: synodic (14.4^h), caused by the inclination of Neptune's magnetic dipole, and orbital (141^h), caused by the high inclination of the satellite's orbit.

Since Triton's ionosphere is extremely dense (maximum electron concentration up to $46 \cdot 10^9$ m³ at an altitude of 340 km according to Voyager 2) [12], its high conductivity (> 10^4 Sm) creates a strong shielding effect for fast oscillations with a period of 14.4^h. However, a long-period wave with a period of 141^h easily penetrates the ionosphere and induces secondary currents directly in the salty liquid ocean, creating a measurable magnetic response field that can be recorded by a highly sensitive magnetometer of a future spacecraft.

Outer ice shell (crust). Triton's outer crust consists mainly of water ice with admixtures of solid nitrogen (N_2), methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2) and carbon monoxide (CO) ices in the near-surface layer. The crust is estimated to be 60 to 150 km thick. The mechanical behavior of this shell is determined by the temperature profile and viscosity of water ice. The surface of the satellite is extremely cold (~ 38 K), at which water ice behaves as an extremely strong elastic lithosphere.

In the initial stages of orbital evolution, the crust was very thin (< 5 km). Daily tidal forces caused regular through-going faults in the lithosphere, opening a direct outlet of liquid oceanic material to the surface. As the eccentricity decayed and tidal heating decreased, the lower layers of the crust began to gradually freeze.

Since the density of ice is less than that of water (ρ_{ice} ≈ 980 kg/m³ versus ρ_{water} ≈ 1000 kg/m³), the phase transition of water to ice was accompanied by significant volumetric expansion. This crystallization expansion led to the emergence of colossal excess pressure inside the closed liquid ocean.

Hydrostatic pressure forced liquid brines to break through the thickness of the icy crust along existing tectonic faults. This mechanism of "extrusion compression" ensured a long-term and large-scale cryovolcanic regeneration of the Triton surface, forming the smooth cryolava levels observed today and erasing old impact craters. The modern heat flux through the crust is estimated in the range from 10 to 100 mW/m², which indicates the preservation of a high temperature gradient in the lithosphere.

Comparative characteristics and model parameters. To systematize geophysical data and numerical modeling results, generalized tables of Triton parameters and its comparison with other oceanic worlds of the Solar System are given below (Tables 1, 2, 3).

Table 1 – Physical, orbital and geodynamic parameters of Triton

Parameter	Value	Notes and sources
Mass (M)	2.14×10^{22} kg	Determined from Voyager 2 flyby data
Mean radius (R)	1353.4 km	Optical and radio astrometry data
Mean density (ρ)	2061 kg/m^3	Key geophysical composition criterion
Surface temperature (T_{surf})	38 K	Equilibrium state of nitrogen ice
Surface atmospheric pressure	1.4–1.9 Pa (14^{-19} bar)	Predominantly nitrogen atmosphere (N^2)
Dimensionless moment of inertia (C/MR^2)	~0.30	Indicative of high central mass concentration
Present eccentricity (e)	1.6×10^{-5}	Nearly circular orbit
Orbital inclination (i)	157	Retrograde direction of motion
Heat flux (F_{surf})	10–100 mW/m^2	Estimated by relief relaxation
Ice crust thickness (h_{crust})	60–150 km	Determined by geophysical models
Liquid ocean thickness	100–300 km	Aqueous ammonia solution
Silicate mantle radius	~1000 km	Hydrated silicates (serpentine)
Metal core radius	~300–400 km	Fe–Ni–S alloy

Table 2 – Detailed characterization of Triton's inner layers

Layer	Depth / Thickness	Density (kg/m^3)	Temperature range	Basic chemical composition	Dynamic regime
Ice crust	0–100 km	920–980	38 K→176 K	H_2O, N_2, CH_4, CO_2, CO	Elastic lithosphere, conductive transport
Liquid ocean	100–350 km	1000–1080	176 K→230 K	H_2O+NH_3 (10–15%) + salts	Turbulent convection
Silicate mantle	350–1050 km	2400–3400	230 K→1400 K	Olivine, pyroxene, serpentine	Hydrothermal circulation, viscous convection
Metallic core	1050–1353 km	7000–8000	1400 K→1600 K	Fe–Ni–S alloy	FeS crystallization, sulfide dynamo

Electromagnetic sounding and ionospheric-oceanic induction. Theoretical studies indicate the possibility of experimental confirmation of the existence of Triton's ocean by magnetic induction during future space missions.

Table 3 – Comparative analysis of icy ocean worlds

Object	Mother planet	Capture / Origin	Ocean-Rock Contact	Main heat source	Antifreeze in the ocean
Triton	Neptune	Captured from the Kuiper Belt	Yes (direct contact)	Radiogenic + Tilt tides	NH_3 (10−15%)
Europa	Jupiter	In situ (protoplanetary disk)	Yes (direct contact)	Orbital tidal resonance	Salts ($MgSO_4$, NaCl)
Enceladus	Saturn	In situ (or ring evolution)	Yes (porous serpentinization)	Resonant tidal heating	NH_3 + Salts
Ganymede	Jupiter	In situ	No (ocean between ice sheets I and VI/VII)	Radiogenic + Residual tidal	Salts
Pluto	Sun (dwarf)	Kuiper Belt Object	Yes (probable)	Radiogenic heating	NH_3

Triton moves in Neptune's magnetosphere and is affected by a variable external magnetic field at two frequencies: a synodic wave with a period of $T_1 = 14.4^h$, which arises due to the rotation of Neptune and the inclination of its magnetic dipole (47□ relative to the planet's axis of rotation); an orbital wave with a period of $T_2 = 141^h$ (5.87 days), caused by the inclination of Triton's orbit. The complexity of magnetic sounding of Triton lies in the presence of a dense ionosphere with an electron concentration $n_e \approx 4.6 \times 10^9$ m^{-3} at an altitude of ~ 340 km. The high integral conductivity of the ionosphere (conductivity > 10^4 Sm) creates a screening skin effect for high-frequency magnetic oscillations.

The short-period wave of 14.4^h is attenuated in the ionosphere and generates an induction response mainly in the upper atmosphere, which makes it impossible to sound deep layers at this frequency. However, the long-period wave 141^h has a great penetration depth: it passes through the ionosphere and penetrates the salty ocean. Conducting current, the ocean generates a secondary induced magnetic dipole moment, which can be recorded by a magnetometer during the spacecraft's flight.

Cryovolcanism, hydrostatic overpressure and surface geology. The surface of Triton is one of the youngest [4, 10, 17] in the Solar System: its average geological age is estimated in the range from 10 to 100 million years, which indicates the renewal of the relief by cryomagmatic and tectonic processes. The geological imprint of the global ocean is the presence of a special type of relief, extensive plains with cryolava outpourings (Ruach Planitia) and tectonic double ridges and faults (sulci).

Astrobiological perspectives and comparative analysis. From an astrobiological perspective, Triton is one of the most promising objects in the Solar System for the search for extraterrestrial chemoautotrophic life. Unlike the larger icy moons of Jupiter (Ganymede and Callisto), where high internal pressure forms high-pressure ice phases (Ice VI, Ice VII) on the ocean floor, which isolate liquid water from

the rocky core, Triton's ocean is located in direct physical contact with the silicate mantle. This contact ensures the functioning of long-lasting hydrothermal systems. Hydrothermal vents supply Triton's ocean with dissolved hydrogen (H_2), methane (CH_4), hydrogen sulfide (H_2S), and catalyst metal ions (Fe_2^+, Ni_2^+, Co_2^+).

Laboratory experiments on modeling abiogenic chemical synthesis in water-ammonia oceans have shown that an alkaline environment (pH ~ 9–11) in the presence of hydrothermal reduction potential promotes the reactions of formation of amino acids (glycine, alanine, γ-aminobutyric acid) and precursors of nucleic acids.

In addition, the model described in [18] explains the deficiency of carbon monoxide (CO) in the atmosphere of Triton by its thermochemical processing in hydrothermal cells at the mantle-ocean boundary:

$CO + 3H_2$ □ hydrothermal catalysis □ $CH_4 + H_2O$,

$CO + H_2O + NH_3 \longrightarrow$ Amino acid precursors.

This makes the subsurface ocean of Triton a habitable zone, where chemolithoautotrophic microorganisms can use the energy of hydrogen oxidation or methanogenesis without the need for sunlight.

Conclusions. The study of the internal structure of Neptune's moon Triton based on the latest observational data allows us to make the following generalizations.

Triton is a unique differentiated body, whose multilayered structure was formed as a result of colossal tidal heating after its gravitational capture from the Kuiper belt into Neptune's retrograde orbit.

Modern models of viscoelastic evolution have successfully resolved the paradox of the geological youth of Triton's surface, showing that the negative feedback between the thickness of the crust and the rate of tidal dissipation delayed the process of orbital circularization by 1.2–4.5 billion years, ensuring the preservation of a subsurface ocean and cryovolcanic activity until the modern era.

Gravitational parameters and low estimated dimensionless moment of inertia (C/MR^2 □ 0.31) undoubtedly indicate a high central mass concentration and deep gravitational differentiation of the satellite's matter. Seasonal redistribution of volatile nitrogen ices can cause periodic wandering of the rotation poles, which imposes additional stresses on the lithosphere.

The four-zone physical model of Triton includes a metallic core with an active convective FeS dynamo, a partially hydrated silicate mantle, a global subsurface salty water-ammonia ocean up to 250 km thick, and an outer ice crust that has undergone periodic faulting and cryomagmatic renewal. The liquid state of the ocean at temperatures T ~ 176 – 230 K is maintained due to the high ammonia content (10 – 15%), which acts as an antifreeze, and heat dissipation from tilt tides.

The direct physical contact of the liquid subsurface ocean with silicate and metallic layers creates a unique environment for sustained hydrothermal activity and chemical synthesis of complex biomolecules, making Triton a key target for future research in planetary science and astrobiology.

References

1. Agnor C.B., Hamilton D.P. (2006) Neptune's capture of its moon Triton in a binary-planet gravitational encounter. Nature, 441(7090), p. 192–194. https://doi.org/10.1038/nature04792
2. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 - fragments of comets nuclei. International conference Meteoroids 2016, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, the Netherlands from 6-10 June 2016. Poster 63.
3. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs. Astronomical School's Report. 10 (1), p. 37-42.
4. Cruikshank D.P., Umurhan O.M. (2020) Triton: The Neptune system's unique satellite. University of Arizona Press.
5. Gaeman J., Hier-Majumder S., Roberts J.H. (2012) Sustainability of a subsurface ocean within Triton's interior. Icarus, 220(2), 339–347. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.05.025
6. Hussmann H., Sohl F., Spohn T. (2006) Subsurface oceans and deep interiors of medium-sized outer planet satellites and large trans-Neptunian objects. Icarus, 185(1), 258–273. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.06.005
7. Mandt K.E., Luspay-Kuti A., Teolis B.D. (2023) Chemical evolution of the outer solar system satellites: A comparative study of Triton and Pluto. Icarus, 398, 115–132. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115482
8. Mandt K.E., Luspay-Kuti A., Mousis O., Anderson S. E. (2023). Surface volatile composition as evidence for hydrothermal processes lasting longer in Triton's interior than Pluto's. The Astrophysical Journal, 959(1), 57. https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad09b5
9. McKinnon W.B. (1984) On the origin of Triton and Pluto. Nature, 311(5984), 355–358. https://doi.org/10.1038/311355a0
10. McKinnon W.B., Kirk R.L. (2014) Triton. In T. Spohn, D. Breuer, & T. Johnson (Eds.), Encyclopedia of the Solar System (3rd ed., pp. 883–902). Elsevier.
11. McKinnon W.B., Lunine J.I., Banfield D. (1995) Origin and evolution of Triton. In D. P. Cruikshank (Ed.), Neptune and Triton (pp. 807–877). University of Arizona Press.
12. NASA. (1989) Voyager 2: Neptune encounter science summary. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.
13. Nimmo F., Spencer J.R. (2015) Powering Triton's geological activity: The role of orbital evolution and tidal dissipation. Icarus. 246, p. 2–10. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.07.012
14. Nogueira E., Brasser R., Gomes R. (2011) Reassessing the origin of Triton. Icarus, 214(1), 113–130. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2011.05.003
15. Prockter L.M., Pappalardo R.T., Cheng A.F. (2005) The geological history of Triton: Insights from Voyager 2 data. Journal of Geophysical Research: Planets, 110(E12), 1–18. https://doi.org/10.1029/2005JE002432

16. Schenk P.M., Jackson M.P.A. (1993) Diapirism on Triton: A record of crustal layering and instability. Geology, 21(4), 299–302. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1993)021<0299
17. Schenk P.M., Zahnle K. (2007) On the negligible surface age of Triton. Icarus. 192(1), 135–149. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.07.004
18. Shock E.L., McKinnon W.B. (1993) Hydrothermal processing of cometary volatiles—Applications to Triton. Icarus, 106(2), 464–477. https://doi.org/10.1006/icar.1993.1189
19. Soderblom L.A., Kieffer S.W., Becker T.L., et al. (1990) Triton's geyser-like plumes: Discovery and basic characteristics. Science, 250(4979), 410–415. https://doi.org/10.1126/science.250.4979.410
20. Vid'Machenko A.P. (1995) Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9. Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. 11 (4), p. 21-24.
21. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine. P. 12-13.
22. Vidmachenko A.P. (2016) Features of surface topography and the geological activity of Pluto. 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. National Aviation University, Kyiv, Ukraine, May 26-27, 2016. P. 12-14.
23. Vidmachenko A.P. (2018) Features of volcanoes on different Solar system bodies. Astronomical School's Report. 14(1), p. 1-14.
24. Vidmachenko A.P. (2025) The history of the discovery and study of Pluto's atmosphere. Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference «Innovative scientific research», January 02-03, 2025, Toronto. Canada. 32 p. P. 4-8. ISBN 978-92-44514-35-1. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14610032
25. Vidmachenko A. P. (2026) Main astronomical, orbital and physical characteristics of Neptune's moon Triton. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (August 24-26, 2026, Bergen, Norway). European Open Science Space. P. 245-255. https://doi.org/10.70286/eoss-24.08.2026.011.245-255.
26. Vidmachenko A. P. (2026) The atmosphere of Neptune's moon Triton and its seasonal changes. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference "Innovations in Science: From Theoretical Foundations to Practical Impact" (August 31 – September 2, 2026, Antwerp, Belgium). European Open Science Space. P. 299-310. DOI 10.70286/EOSS-31.08.2026.022.299-310
27. Vidmachenko A. P. (2026) Geophysical, gravitational, and magnetic data on Neptune's moon Triton. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Global Directions in Scientific Research and Technological Development" (September 7-9, 2026, Valencia, Spain). European Open Science Space. P. 238-248.

28. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2017) Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine. -412 p.
29. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Volcanoes on Triton among the kingdom of ice. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Modern directions of scientific research development. Chapter 19. BoScience Publisher. Chicago, USA. P. 141-150.
30. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2023) Physical characteristics of natural satellites of planets. Kyiv: NULES of Ukraine. – 198 p. ISBN 978-617-8351-05-2.

THE ROLE OF MATHEMATİCS İN THE DEVELOPMENT OF SCİENTİFİC THİNKİNG

Shiriyeva Aynur Iltifat
Teacher
College of Construction at AzMIU

Abstract. Mathematics plays a fundamental role in the development of scientific thinking and contributes significantly to the formation of logical, analytical, critical, and systematic approaches to knowledge. As a universal language of science, mathematics provides researchers with methods for identifying relationships, constructing models, analyzing data, and solving complex problems. Mathematical thinking enables individuals to formulate hypotheses, evaluate evidence, recognize patterns, and make reasoned conclusions. The development of mathematical competence is therefore closely connected with the development of scientific literacy. This article examines the importance of mathematics in shaping scientific thinking, focusing on logical reasoning, problem-solving, mathematical modeling, analytical skills, and the application of quantitative methods in scientific research. It also emphasizes the importance of innovative approaches and digital technologies in mathematics education. The study concludes that mathematics should not be viewed merely as a collection of formulas and computational procedures but as an essential tool for understanding scientific phenomena and developing an evidence-based worldview.

Keywords: mathematics, scientific thinking, logical reasoning, analytical thinking, mathematical modeling, problem-solving, scientific literacy.

Mathematics is one of the most important foundations of modern science. Its concepts, methods, and principles are widely applied in natural sciences, social sciences, engineering, economics, information technologies, medicine, and education. Beyond its practical applications, mathematics has an important intellectual function: it contributes to the development of scientific thinking.Scientific thinking is characterized by the ability to observe phenomena, identify problems, formulate hypotheses, analyze evidence, establish relationships, and draw logical conclusions.

Mathematics supports each of these processes by providing precise concepts and systematic methods of reasoning. Through mathematical activities, learners develop the ability to distinguish relevant information, identify patterns, compare alternatives, and solve problems using logical procedures.

The relationship between mathematics and scientific thinking begins at an early stage of education. When students learn to solve mathematical problems, they are not simply performing calculations. They are learning to understand a problem, determine the available information, establish relationships between variables, select an appropriate method, and evaluate the result. These skills can subsequently be transferred to other areas of scientific and professional activity. Therefore, mathematics education has a broader purpose than teaching computational skills. It should contribute to the formation of independent, critical, creative, and scientifically oriented individuals.One of the most significant contributions of mathematics to scientific thinking is the development of logical reasoning. Mathematical concepts are based on relationships, rules, definitions, and proofs. Working with these elements teaches individuals to organize information systematically and to justify their conclusions.Logical mathematical reasoning helps students understand cause-and-effect relationships and distinguish between assumptions and evidence. It also encourages them to approach problems step by step rather than relying exclusively on intuition.

For example, mathematical proofs require a sequence of logically connected arguments. This practice develops the ability to construct coherent explanations, which is equally important in scientific research.Mathematics strengthens analytical thinking by teaching individuals how to divide complex problems into smaller and more manageable components. Mathematical analysis involves identifying variables, examining relationships, comparing quantities, and interpreting results.Analytical thinking is particularly important in contemporary science because researchers frequently work with large amounts of quantitative information. Mathematical and statistical methods allow scientists to identify trends, measure relationships, and evaluate the reliability of findings. Thus, mathematical competence provides a foundation for understanding and interpreting quantitative evidence.

Problem solving is one of the central components of both mathematical and scientific thinking. A mathematical problem generally requires the learner to understand the problem, determine relevant information, develop a strategy, implement the strategy, and verify the result.These stages correspond closely to the processes used in scientific investigation. Scientists also identify research problems, formulate possible explanations, collect information, analyze evidence, and evaluate their conclusions.Consequently, systematic mathematical problem solving can prepare learners for scientific inquiry and decision-making in real-life situations.Mathematical modeling is another important connection between mathematics and scientific thinking. A mathematical model represents a real-world phenomenon through mathematical concepts, equations, functions, or statistical relationships.Models are widely used to study population growth, climate change, economic processes, physical

systems, biological phenomena, and technological developments. By constructing and analyzing models, researchers can examine possible outcomes and make predictions.

Mathematical modeling therefore transforms abstract mathematical knowledge into a practical instrument for investigating complex scientific phenomena.Mathematics also contributes to the development of critical thinking. Students who work with mathematical information learn to question assumptions, check calculations, compare solutions, and determine whether a conclusion is supported by evidence.In the contemporary information environment, these skills are particularly important. Individuals encounter numerical claims, statistics, graphs, percentages, and predictions in media and digital platforms. Mathematical literacy enables people to evaluate such information more critically and avoid misleading interpretations.

The development of digital technologies has further increased the importance of mathematics. Artificial intelligence, machine learning, computer science, data science, cryptography, and computational modeling all rely heavily on mathematical principles. Modern technological systems use mathematical algorithms to process information, identify patterns, make predictions, and solve complex problems. Therefore, mathematical knowledge is increasingly becoming an essential component of scientific and technological literacy. At the same time, digital technologies provide new opportunities for teaching mathematics. Interactive software, simulations, visualization tools, and educational platforms can make abstract mathematical concepts more accessible and encourage students to explore problems independently.Effective mathematics education should focus not only on memorizing formulas but also on understanding concepts and applying knowledge in meaningful contexts. Problem-based learning, inquiry-based learning, mathematical modeling, collaborative activities, and digital technologies can contribute to this goal.

Teachers play an important role in creating learning environments in which students are encouraged to ask questions, develop hypotheses, explain their reasoning, and evaluate different solutions.Such approaches help transform mathematics from a purely computational subject into an important means of developing scientific literacy and intellectual independence.Mathematics has a fundamental role in the development of scientific thinking. It strengthens logical reasoning, analytical skills, critical thinking, problem-solving abilities, and the capacity to work with quantitative information. Through mathematical modeling and statistical analysis, mathematics also provides powerful tools for understanding and predicting real-world phenomena.The significance of mathematics has increased further with the development of digital technologies, artificial intelligence, data science, and computational research. For this reason, mathematical competence should be considered an essential component of contemporary scientific and technological literacy.

Mathematics education should therefore move beyond mechanical calculation and memorization. It should encourage students to understand mathematical concepts, apply them to real-world problems, justify their conclusions, and develop independent approaches to inquiry.In conclusion, mathematics is not only a science of numbers and

formulas. It is a way of thinking that helps individuals understand complexity, identify relationships, evaluate evidence, and reach rational conclusions. Developing mathematical thinking is consequently an important step toward developing scientifically literate, analytical, and intellectually independent individuals.Mathematics is often described as the universal language of science. However, its importance goes far beyond calculations, formulas, and numerical operations. Mathematics develops a specific way of thinking based on logic, accuracy, analysis, evidence, and systematic reasoning.

Scientific thinking requires individuals to identify problems, formulate questions, examine evidence, establish relationships, and reach justified conclusions. Mathematics contributes directly to these abilities. When students solve mathematical problems, they learn how to analyze information, select appropriate methods, test possible solutions, and evaluate the accuracy of their results.Another important contribution of mathematics is the development of analytical thinking. Complex problems can often be divided into smaller elements and examined systematically. This approach is useful not only in mathematics but also in physics, chemistry, biology, economics, engineering, medicine, and many other fields.Mathematical modeling is also particularly important. Researchers use mathematical models to represent real-world processes and to make predictions. Models can help us understand population dynamics, economic development, technological processes, environmental changes, and many other phenomena.

Mathematics also strengthens critical thinking. In today's digital society, people constantly encounter statistics, graphs, percentages, and numerical claims. Mathematical literacy helps individuals evaluate such information and distinguish reliable evidence from misleading interpretations. The connection between mathematics and technology is becoming even stronger. Artificial intelligence, machine learning, data science, computer science, and many modern technologies depend on mathematical algorithms and models. This demonstrates that mathematical competence is an essential part of modern scientific and technological development.

For this reason, mathematics education should not be limited to memorizing formulas. Students should be encouraged to understand mathematical ideas, solve real-life problems, explain their reasoning, and explore different approaches to finding solutions. To conclude, mathematics is not simply a subject based on numbers and formulas. It is a powerful intellectual tool that develops logical, analytical, critical, and creative thinking. Strengthening mathematical thinking means strengthening scientific thinking itself.

References

1. Boaler, J. (2016). Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching. Jossey-Bass.
2. Devlin, K. (2012). Introduction to mathematical thinking. Keith Devlin.
3. English, L. D., & Sriraman, B. (2010). Problem solving for the 21st century. In B. Sriraman & L. D. English (Eds.), Theories of mathematics education: Seeking new frontiers (pp. 263–290). Springer.

4. Ernest, P. (1991). The philosophy of mathematics education. Falmer Press.
5. Hiebert, J., & Grouws, D. A. (2007). The effects of classroom mathematics teaching on students' learning. In F. K. Lester Jr. (Ed.), Second handbook of research on mathematics teaching and learning (pp. 371–404). Information Age Publishing.
6. Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). Adding it up: Helping children learn mathematics. National Academy Press.
7. Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (2010). Thinking mathematically (2nd ed.). Pearson.
8. National Research Council. (2001). Adding it up: Helping children learn mathematics. National Academy Press.
9. NCTM. (2000). Principles and standards for school mathematics. National Council of Teachers of Mathematics.
10. OECD. (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science and financial literacy. OECD Publishing.
11. Polya, G. (2004). How to solve it: A new aspect of mathematical method. Princeton University Press. (Original work published 1945)
12. Schoenfeld, A. H. (1985). Mathematical problem solving. Academic Press.
13. Sfard, A. (2008). Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing. Cambridge University Press.
14. Skemp, R. R. (1987). The psychology of learning mathematics. Lawrence Erlbaum Associates.
15. Steen, L. A. (Ed.). (1990). On the shoulders of giants: New approaches to numeracy. National Academy Press.

Section: Physical Culture and Sports

ФУНКЦІОНАЛЬНА ГОТОВНІСТЬ МАЙБУТНІХ ПРАВООХОРОНЦІВ ЯК ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Кондратюк Максим
курсант
Горбач Ірина
курсант
Науковий керівник:
Островський Ігор
старший викладач
Кафедра спеціальної фізичної підготовки
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Анотація. У статті розкрито сутність функціональної готовності майбутніх правоохоронців як окремого показника ефективності їх фізичної підготовки. Проаналізовано наукові підходи до визначення критеріїв функціональної готовності курсантів закладів вищої освіти МВС України та обґрунтовано її зв'язок з успішністю виконання службових завдань, зокрема пов'язаних із затриманням правопорушників і застосуванням прийомів самозахисту.

Ключові слова: функціональна готовність, фізична підготовка, майбутні правоохоронці, курсанти, службова діяльність.

Вступ.

Питання фізичної готовності поліцейських в останні роки все частіше розглядається не саме по собі, а разом із поняттям функціональної готовності організму. Відповідно до Положення про організацію службової підготовки працівників Національної поліції України, затвердженого наказом МВС України від 26.01.2016 № 50, фізична підготовка спрямована на формування рухових умінь і навичок та розвиток фізичних якостей з урахуванням специфіки службової діяльності поліцейського [1]. Проте самі лише зовнішні показники сили, швидкості чи витривалості не дають повного уявлення про готовність курсанта до реальних службових навантажень: у критичній ситуації визначальним стає те, наскільки економно та злагоджено працюють серцево-судинна, дихальна й нервова системи організму. Саме тому функціональна готовність останнім часом розглядається як окремий і достатньо самостійний показник ефективності фізичної підготовки майбутніх правоохоронців.

Мета та задачі дослідження.

Мета дослідження – розкрити роль функціональної готовності організму як показника ефективності фізичної підготовки майбутніх правоохоронців. Для досягнення мети визначено такі задачі: охарактеризувати сутність поняття

«функціональна готовність» стосовно курсантів закладів вищої освіти МВС України; проаналізувати наукові підходи до оцінювання функціональної готовності як складової загальної підготовленості майбутнього офіцера поліції; визначити зв'язок рівня функціональної готовності з ефективністю виконання службових завдань, зокрема пов'язаних із силовим затриманням правопорушників.

Результати дослідження і їх обговорення.

Під функціональною готовністю прийнято розуміти стан основних систем організму, який забезпечує можливість витримувати значні фізичні та психоемоційні навантаження без надмірного виснаження резервів і з подальшим швидким відновленням. У дослідженні Гінзбург І. В., присвяченому курсантам закладів вищої освіти МВС України, зазначається, що на початковому етапі навчання у частини курсантів фіксуються знижені функціональні можливості серцево-судинної, дихальної та вегетативної систем, що й стало підставою для розробки експериментальної програми їх поліпшення [4]. Це підтверджує, що функціональний стан не є чимось другорядним стосовно фізичної підготовки, а фактично визначає, наскільки успішно курсант зможе засвоїти навантаження, закладені навчальною програмою.

У працях, присвячених критеріям оцінювання підготовленості майбутніх офіцерів поліції, функціональний компонент виокремлюється поряд із технічним і психологічним. Дідковський В. А. підкреслює, що показники спеціальної фізичної підготовки є компонентами загальної готовності майбутніх офіцерів Національної поліції України до виконання професійних обов'язків, і саме поєднання цих компонентів, а не якийсь один із них, дає уявлення про реальну підготовленість фахівця [2]. Функціональна складова в такому переліку відіграє роль своєрідного фундаменту: без належного рівня працездатності серцево-судинної та дихальної систем важко розраховувати на стабільне виконання технічних прийомів навіть за високої мотивації курсанта.

Галімський В. О. та Галімська І. І., аналізуючи фізичну підготовленість майбутніх правоохоронців до застосування компетентностей у різних професійних ситуаціях, звертають увагу, що індивідуальна здатність фахівця складається зі спеціальної, психологічної та фізичної підготовленості, а остання, у свою чергу, передбачає саме функціональні можливості організму, рухові вміння й навички та рівень розвитку фізичних якостей [3]. Автори підкреслюють, що досягти високого рівня професійної майстерності без міцного фундаменту функціональної підготовленості практично неможливо, оскільки фізичний стан людини безпосередньо позначається на її психічному стані та працездатності під час виконання службових завдань.

Особливого значення функціональна готовність набуває в ситуаціях, пов'язаних із силовим затриманням правопорушників або застосуванням прийомів самозахисту. Мельник І. та Богайчук В. відзначають, що працівники Національної поліції під час виконання повноважень нерідко змушені застосовувати фізичну силу, прийоми боротьби та рукопашного бою, а це

супроводжується різким зростанням частоти серцевих скорочень, короткочасним кисневим боргом і значним психоемоційним напруженням [5]. У таких умовах курсант чи молодий поліцейський з недостатньо розвиненими функціональними резервами організму значно швидше втомлюється, втрачає координацію рухів і, як наслідок, підвищує ризик отримання травми як для себе, так і для оточення.

Формування функціональної готовності доцільно розглядати не як стихійний процес, а як складову цілісної педагогічної системи. Татарін О., пропонуючи структурно-функціональну модель формування готовності фахівців до застосування заходів фізичного впливу в оперативно-службовій діяльності, наголошує на необхідності виокремлення цільового, змістового та результативного блоків підготовки, кожен з яких безпосередньо впливає на кінцевий рівень готовності фахівця до дій в екстремальних умовах [6]. Перенесення такого підходу на підготовку поліцейських дає підстави стверджувати, що функціональна готовність формується поетапно та потребує систематичного контролю, а не разових перевірок перед складанням нормативів.

На практиці рівень функціональної готовності найчастіше визначають за допомогою нескладних, але інформативних проб: комбінованої проби Летунова, Гарвардського степ-тесту, вимірювання життєвої ємності легень та частоти серцевих скорочень у стані спокою й після дозованого навантаження. Регулярне застосування таких методик дозволяє викладачу вчасно помітити ознаки перевтоми чи недостатньої адаптації курсанта до навантажень і відповідно скоригувати програму занять, а не орієнтуватися виключно на результати складання контрольних нормативів наприкінці семестру.

Висновки.

Функціональна готовність є не додатковим, а одним із визначальних показників ефективності фізичної підготовки майбутніх правоохоронців. Вона відображає реальну здатність організму витримувати службові навантаження, зокрема пов'язані із затриманням правопорушників та застосуванням прийомів самозахисту, і безпосередньо впливає на якість засвоєння технічних і тактичних навичок. Урахування функціонального компонента під час планування занять зі спеціальної фізичної підготовки, а також регулярний контроль стану серцево-судинної та дихальної систем курсантів, дає змогу зробити процес підготовки правоохоронців більш обґрунтованим і безпечним, що особливо актуально в умовах підвищених вимог воєнного часу.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Положення про організацію службової підготовки працівників Національної поліції України : наказ МВС України від 26.01.2016 № 50. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0260-16.
2. Дідковський В. А. Критерії та показники спеціальної фізичної підготовки майбутніх офіцерів Національної поліції України. Харків : ХНУВС, 2020. URL: https://www.univd.edu.ua/general/publishing/konf/29_05_2020/pdf/51.pdf.

3. Галімський В. О., Галімська І. І. Фізична підготовленість майбутніх правоохоронців до застосування компетентностей у різних професійних ситуаціях. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2023. Вип. 211. С. 99–107.
4. Гінзбург І. В. Визначення особливостей формування функціональної підготовленості у курсантів закладів вищої освіти МВС України. Дніпро, 2022.
5. Мельник І., Богайчук В. Підвищення рівня фізичної підготовки та навиків самозахисту майбутніх працівників правоохоронних органів України. Актуальні проблеми правознавства. 2022. Вип. 1. С. 97–101.
6. Татарін О. Структурно-функціональна модель формування готовності фахівців прикордонної служби до застосування заходів фізичного впливу в оперативно-службовій діяльності. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки. 2021. Вип. 16, № 1. С. 395–407.

СПОРТИВНІ ІГРИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ ДО РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Медве Максим
викладач
Закарпатський угорський університет
імені Ференца Ракоці ІІ, Україна

Анотація. У статті розглянуто спортивні ігри як педагогічний засіб залучення студентів до рухової активності. Визначено їх мотиваційний потенціал, охарактеризовано основні педагогічні умови ефективного застосування у фізичному вихованні.

Ключові слова: студенти, мотивація, фізична культура, рухова активність, спортивні ігри, футбол, волейбол, баскетбол, гандбол, бадмінтон, настільний теніс.

Введення. Рухова активність є важливою передумовою збереження здоров’я, підтримання належного рівня фізичної працездатності та забезпечення гармонійного розвитку особистості студентської молоді. Водночас навчальна діяльність у закладі вищої освіти характеризується значним обсягом розумової праці, тривалим перебуванням у сидячому положенні, зростанням використання цифрових технологій та обмеженням часу для активного відпочинку. Унаслідок цього фізична активність не завжди посідає належне місце в системі життєвих пріоритетів студентів, а участь у заняттях фізичною культурою часто визначається не внутрішньою потребою, а вимогами освітнього процесу. Наукові дослідження засвідчують недостатню сформованість мотивації студентської молоді до систематичних занять фізичною культурою та невисоку залученість до рухової активності поза межами обов’язкових занять. Така ситуація актуалізує необхідність удосконалення змісту і форм фізичного

виховання у закладах вищої освіти, орієнтованих не лише на розвиток фізичних якостей, а й на формування стійкого інтересу, позитивного ставлення та внутрішньої потреби студентів у регулярній руховій активності.

Особливого значення у цьому контексті набуває використання спортивних ігор як засобу урізноманітнення фізкультурно-оздоровчої діяльності та посилення її мотиваційного потенціалу. На відміну від традиційного виконання фізичних вправ, спортивні ігри поєднують рухову активність із елементами змагання, співпраці, емоційної взаємодії, досягнення успіху та самореалізації, що може підвищувати зацікавленість студентів і сприяти їх активнішому залученню до занять. Ігрова форма створює умови для позитивного емоційного переживання фізичної діяльності, підтримує прагнення до особистого й командного результату, сприяє розвитку комунікативних умінь і водночас забезпечує необхідне фізичне навантаження. Результати новітніх досліджень підтверджують позитивний вплив ігрових технологій на емоційну насиченість занять, активізацію рухової діяльності та формування мотивації студентів до фізичного виховання. У зв'язку з цим виникає потреба в обґрунтуванні педагогічного потенціалу спортивних ігор як засобу формування мотивації студентів до рухової активності та визначенні умов їх ефективного використання в освітньому процесі закладу вищої освіти.

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні потенціалу спортивних ігор як засобу формування мотивації студентів до рухової активності.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **задачі**: проаналізувати сутність і особливості мотивації студентів до рухової активності; охарактеризувати спортивні ігри як засіб фізичного виховання студентської молоді; визначити мотиваційний потенціал спортивних ігор та педагогічні умови їх використання для підвищення зацікавленості студентів у систематичній руховій активності.

Результати дослідження і їх обговорення. Рухливі ігри є дієвим педагогічним засобом впливу на мотиваційну та емоційну сфери особистості, оскільки поєднують рухову діяльність із елементами змагальності, творчості та міжособистісної взаємодії. Така форма організації фізичної активності сприяє створенню позитивного емоційного настрою, підтримує інтерес до занять і підвищує готовність студентів до активної участі у фізкультурно-спортивній діяльності. На відміну від виконання стандартизованих фізичних вправ, ігрова діяльність стимулює природне прагнення до досягнення результату, взаємодії з іншими учасниками та творчого пошуку способів виконання рухових дій. Водночас рухливі ігри дають змогу моделювати ситуації спортивного суперництва в менш формалізованих умовах, що посилює емоційну залученість студентів та може сприяти формуванню стійкої позитивної мотивації до рухової активності [2].

Ігрова діяльність має значний мотиваційний та емоційний потенціал, оскільки сприяє виникненню позитивних емоцій, задоволенню від виконання

рухових дій та підтриманню інтересу до занять. Її використання у фізичному вихованні студентів дає змогу урізноманітнити традиційні форми рухової активності, зменшити монотонність багаторазового виконання вправ і створити більш емоційно насичене середовище для фізичної діяльності. Особливо важливо це для студентів, які не мають достатнього рівня мотивації до систематичних занять фізичною культурою. Рухливі та спортивні ігри сприяють підвищенню емоційної залученості, підтриманню внутрішньої мотивації та формуванню позитивного ставлення до фізичної активності. Водночас ігрові ситуації стимулюють розвиток швидкості реакції, здатності приймати рішення, взаємодіяти з партнерами, контролювати власні емоції та адаптувати поведінку до змінних умов діяльності. Отже, включення спортивних ігор до освітнього процесу може не лише підвищувати рухову активність студентів, а й сприяти розвитку важливих особистісних і соціальних якостей, необхідних для ефективної взаємодії та самореалізації [2].

Мотивацію до фізичної активності можна трактувати як особливий стан особистості, що визначає її спрямованість на досягнення належного рівня фізичної підготовленості, працездатності та фізичного благополуччя [1, с.52]. Водночас формування стійкої мотивації студентів до систематичної рухової активності та дотримання здорового способу життя є складним і тривалим процесом, який потребує цілеспрямованого педагогічного впливу та створення відповідних умов для залучення молоді до фізкультурно-оздоровчої діяльності.

О. Коваль рекомендує розглядати мотивацію до фізичної активності доцільно як особливий стан особистості, що визначає її спрямованість на досягнення належного рівня фізичної підготовленості та працездатності [3, с.34]. Авторка підкреслює, що формування ефективної системи фізкультурно-оздоровчої діяльності сприятиме зміцненню здоров’я студентської молоді та забезпеченню необхідного рівня її щоденної рухової активності, що є важливою передумовою повноцінного фізичного розвитку. Підвищення результативності фізичного виховання передбачає спрямування освітнього процесу на формування у студентів ціннісного ставлення до власного здоров’я, усвідомлення значущості рухової активності та утвердження навичок здорового способу життя [3, с.32]. Систематичне виконання фізичних вправ і тренувальна діяльність є важливими чинниками повноцінного фізичного та духовного розвитку молоді, сприяють формуванню ціннісного ставлення до здоров’я та стимулюють потребу в регулярній самостійній руховій активності. У цьому контексті особливого значення набуває формування у студентів усвідомлення необхідності систематичного використання різноманітних форм фізичного виховання і спортивної діяльності [3, с.34].

Результативність формування мотивації студентів значною мірою залежить від професійної компетентності педагога, його здатності організовувати освітній процес з урахуванням психологічних та індивідуальних особливостей здобувачів освіти. Важливою передумовою ефективного фізичного виховання і самовиховання є оволодіння студентами необхідними знаннями про

закономірності фізичного розвитку, способи виконання фізичних вправ та методи організації самостійної рухової діяльності. Саме у студентському віці відбувається активне поглиблення й систематизація фізкультурних знань, формуються вміння свідомо контролювати та вдосконалювати власну рухову діяльність. Студенти мають оволодіти способами освоєння рухових дій, прийомами вдосконалення основних елементів спортивної техніки, а також навичками аналізу якості виконання фізичних вправ. Водночас важливим є розширення арсеналу доступних тренувальних вправ і засвоєння раціональних методів їх застосування відповідно до мети, фізичної підготовленості та індивідуальних можливостей.

Погоджуємося з Л. Долженко та Д. Погрєбняк, які зазначають, що підвищення ефективності фізичного виховання студентів передбачає створення сприятливих умов для їх активного залучення до фізкультурно-спортивної діяльності. Передусім доцільно враховувати інтереси, потреби та фізичні можливості студентів під час організації занять. Для здобувачів із низьким рівнем рухової активності важливо урізноманітнювати зміст занять емоційно привабливими формами рухової діяльності, зокрема спортивними й рухливими іграми, естафетами, парними вправами та вправами з різноманітним інвентарем. Важливою умовою актуалізації мотивації до фізкультурно-спортивної діяльності є систематичне вивчення педагогами інтересів, потреб і вподобань студентської молоді у сфері фізичної культури. Доцільним є також розширення мережі спортивних секцій за найбільш популярними серед студентів видами спорту та раціональне використання часу, передбаченого навчальним розкладом, для фізкультурно-спортивних занять.

Реалізація зазначених умов, на думку дослідниць, сприятиме підвищенню результативності фізичного виховання, посиленню зацікавленості студентів у руховій діяльності та формуванню стійкої потреби в систематичних заняттях фізичними вправами. Водночас залучення студентів до різноманітних форм фізкультурно-спортивної діяльності створює передумови для підвищення рівня їхньої фізичної підготовленості, підтримання належного функціонального стану організму та збереження здоров’я. Особливого значення набуває створення такого освітнього середовища, у якому рухова активність сприймається не лише як обов’язковий компонент навчання, а як важлива складова здорового способу життя та особистісного розвитку молодої людини [1, с.55].

Згідно з позицією С. Ігнатенко, ключовими умовами ефективної інтеграції рухливих ігор є систематичність їх використання, відповідність фізичним і психологічним можливостям тих, хто займається, адаптація правил та складності гри до конкретного виду діяльності, рівня підготовленості та віку, а також забезпечення безпеки й контролю за фізичним навантаженням. Дотримання цих умов дає змогу оптимально поєднувати розвиток технічних, фізичних і психологічних навичок, підвищувати мотивацію та підтримувати емоційну рівновагу тих, хто займається [2].

Висновки. Аналіз наукових підходів дає підстави визначити мотиваційний потенціал спортивних ігор у контексті залучення студентів до рухової активності. Передусім він виявляється у можливості поєднання фізичного навантаження з емоційно насиченою, змагальною та комунікативною діяльністю. Спортивні ігри сприяють підтриманню інтересу до занять завдяки різноманітності рухових дій, змінності ігрових ситуацій, необхідності прийняття рішень та взаємодії з іншими учасниками. Важливим мотиваційним чинником є також можливість досягнення особистого й командного результату, переживання успіху та оцінювання власних фізичних можливостей. На відміну від одноманітного виконання вправ, ігрова діяльність створює умови для активної участі студентів у процесі, що сприяє формуванню позитивного ставлення до фізичної культури та підвищенню готовності до регулярної рухової активності. Отже, спортивні ігри можуть розглядатися як засіб, здатний підтримувати не лише ситуативний інтерес до занять, а й сприяти формуванню більш стійкої мотивації до фізкультурно-спортивної діяльності.

Ефективність реалізації мотиваційного потенціалу спортивних ігор визначається дотриманням певних педагогічних умов: систематичністю їх використання, відповідністю змісту і складності ігор віку, фізичним можливостям та рівню підготовленості студентів, урахуванням їхніх інтересів і потреб, оптимальним дозуванням фізичного навантаження та забезпеченням безпечних умов проведення занять. Важливим є також варіативність добору спортивних ігор, що дає змогу підтримувати інтерес студентів і запобігати монотонності фізкультурної діяльності. Цілеспрямоване використання таких ігор у процесі фізичного виховання сприяє підвищенню емоційної залученості студентів, їхньої зацікавленості у руховій діяльності та формуванню потреби в систематичних заняттях фізичними вправами. Таким чином, спортивні ігри мають значний педагогічний потенціал для формування мотивації студентів до рухової активності за умови їх методично обґрунтованого та систематичного включення в освітній процес закладу вищої освіти.

Список використаних джерел

1. Долженко Л., Погрєбняк Д. Формування мотивації до рухової активності студентської молоді з різним рівнем фізичного здоров’я // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2014. – № 4. – С. 52–56.
2. Ігнатенко С. О. Рухливі ігри як засіб підвищення мотивації та емоційної стійкості спортсменів індивідуальних видів спорту [Електронний ресурс] // Педагогічна академія: наукові записки. – 2025. – № 23. – Режим доступу: https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/1292/1166 (дата звернення: 07.09.2026).
3. Коваль О. Формування мотивацій розвитку фізичної активності у студентів закладів вищої освіти // Вісник Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров’я людини. – 2020. – № 16. – С. 32–36.

Section: Psychology

ОСОБИСТІСНА РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ У СТРУКТУРІ ПСИХОЛОГІЧНОГО КАПІТАЛУ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Павленко Марина
к. п. н, старший викладач
Жуковська Віта
магістр
Кафедра практичної психології
Київський столичний університет
імені Бориса Грінченка, Україна

Життя в умовах затяжної невизначеності та безперервних соціально-економічних потрясінь ставить перед сучасним українцем підвищені вимоги: уміння оперативно перелаштовуватися під нові обставини, витримувати стресові навантаження і не втрачати мотивації до навчання та професійної діяльності. Ця проблема набуває особливої гостроти для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання: поєднуючи навчання з роботою та родинними турботами, вони систематично перебувають під підвищеним психоемоційним тиском. За таких обставин вагомого значення набуває резильєнтність – спроможність особистості утримувати психологічну рівновагу, гнучко реагувати на несприятливі обставини, оперативно відновлюватися та трансформувати пережитий стрес у ресурс подальшого розвитку. У фокусі сучасних психологічних досліджень резильєнтність постає одним з базових складників психологічного капіталу разом із самоефективністю, надією та оптимізмом. Водночас питання про конкретне місце резильєнтності в структурі психологічного капіталу здобувачів заочної форми навчання на сьогодні лишається розкритим не повною мірою.

Метою нашого дослідження стало теоретичне обґрунтування та емпіричне вивчення особистісної резильєнтності у структурі психологічного капіталу студентів заочної форми навчання: встановлення кореляційних зв'язків резильєнтності з іншими компонентами психологічного капіталу та виявлення гендерної специфіки цих взаємозв'язків.

Емпіричну базу дослідження склали 62 респонденти віком від 18 до 54 років (жінки – n = 32, чоловіки – n = 30), які здобувають вищу освіту за заочною формою навчання у Київському столичному університеті імені Бориса Грінченка, Національному університеті охорони здоров'я імені П. Л. Шупика, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та інших закладах вищої освіти; опитування проведено за допомогою сервісу Google Forms. Дані оброблено за допомогою коефіцієнта кореляції Спірмена та U-критерію Манна-Уітні. Ключові кореляційні зв'язки наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Кореляційні зв'язки життєстійкості та резильєнтності психологічного капіталу з іншими компонентами (коеф. Спірмена)

Шкала	**Життєстійкість**	**Резильєнтність**	**Псих. капітал**	**p**
Самоефективність (Шварцер)	–	0,479	0,497	<0,001
Надія (Снайдер, інтегральна)	0,650	0,527	0,529	<0,001
Оптимістичний стан (SOM)	0,413	0,298	0,276	0,02–0,03
Достатність особистісних ресурсів	0,518	0,537	0,477	<0,001
Емоційна спустошеність	-0,173	-0,266	-0,334	0,01–0,18

Життєстійкість Коннора-Девідсона позитивно корелює з усіма компонентами психологічного капіталу, найсильніше – із резильєнтністю та загальним показником психологічного капіталу, а також із обома субшкалами надії Ч. Снайдера: Шляхи і Сила волі. Компонент резильєнтності опитувальника ПсиКап-12С, своєю чергою, тісно пов'язаний із самоефективністю за Р. Шварцером та достатністю особистісних ресурсів, а негативно – з емоційною спустошеністю, що вказує на протективну функцію резильєнтності щодо емоційного виснаження.

Аналіз за U-критерієм Манна-Уітні виявив статистично значущі відмінності між чоловіками та жінками за шкалою життєстійкості та за всіма компонентами психологічного капіталу. Чоловіки продемонстрували вищі середні показники за всіма шкалами: наприклад, за життєстійкістю жінки в середньому мали M = 23,6, чоловіки – M = 27,0, а за інтегральним показником психологічного капіталу – M = 43,3 у жінок проти M = 47,3 у чоловіків, що свідчить про виражену гендерну специфіку формування адаптаційного потенціалу студентів заочної форми навчання.

Особистісна резильєнтність виступає центральним, інтегруючим компонентом психологічного капіталу студентів заочної форми навчання: вона тісно пов'язана з життєстійкістю, надією та самоефективністю і водночас виконує протективну функцію щодо емоційного виснаження. Виявлені гендерні відмінності – вищі показники резильєнтності та психологічного капіталу в чоловіків порівняно з жінками – свідчать про потребу в диференційованому підході під час розроблення психологічних інтервенцій. Отримані результати можуть бути використані психологічними службами закладів вищої освіти для розроблення тренінгових програм, спрямованих на розвиток резильєнтності як ресурсу психологічного капіталу та психологічного благополуччя студентів-заочників.

Список використаних джерел

1. Даценко, О. А. (2020). Психологічний ресурс особистості як наукова парадигма. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Психологія, 31(70)(4), 22–27.
2. Кокун, О. М., & Мельничук, Т. І. (2023). Резилієнс-довідник: практичний посібник. Київ: Інститут психології імені Г. С. Костюка НАПН України.
3. Олефір, В., & Боснюк, В. (2023). Адаптація шкали психологічного капіталу (ПсиКап-12С). Інсайт: психологічні виміри суспільства, (9), 50–71. https://doi.org/10.32999/KSU2663-970X/2023-9-4
4. Савченко, О., & Лавриненко, Д. (2023). Шкала оптимістичного стану: адаптація методики та її психометричні показники. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія, (2), 10–16. https://doi.org/10.32782/psy-visnyk/2023.2.2
5. Галецька, І. (2003). Самоефективність у структурі соціально-психологічної адаптації. Вісник Львівського університету. Серія «Філософські науки», (5), 433–442.
6. Савченко, О., Сукач, С., & Тімакова, А. (2022). Методика «Особистісні ресурси»: валідізація та стандартизація на вибірці осіб юнацького віку. Габітус, (44), 114–122. https://doi.org/10.32782/2663-5208.2022.44.19

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.018.331-335

АРТТЕРАПЕВТИЧНІ ТЕХНІКИ ЯК ЗАСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБИСТІСНИХ ЯКОСТЕЙ ПІДЛІТКІВ

Тафінцева Світлана
к.пед.н., доцент
Кафедра філософії, соціально-гуманітарних наук та фізичного виховання
Хмельницький університет управління та права
імені Леоніда Юзькова, Україна

Анотація. У статті розглядається проблема дослідження особистісних якостей підлітків засобами арттерапії в контексті вікової кризи ідентичності та актуальних викликів воєнного часу. На основі теоретичного аналізу та власного практичного досвіду виокремлено і схарактеризовано п’ять напрямів арттерапевтичної роботи з підлітками, кожен з яких сприяє усвідомленню підлітком різних аспектів власної особистості. Обґрунтовано, що арттерапевтичні техніки є ефективним невербальним засобом самопізнання підлітків, що забезпечує безпечний символічний простір для дослідження особистісних якостей, цінностей та ресурсів у ситуаціях, коли вербальні методи виявляються недостатніми.

Ключові слова: арттерапія, підлітковий вік, самопізнання, особистісні якості, криза ідентичності, «Я-образ», арттерапевтичні техніки, психологічний супровід.

Введення. Підлітковий вік є одним із найбільш суперечливих і психологічно насичених періодів онтогенезу. Перебуваючи на межі між дитинством і дорослістю, підліток неминуче постає перед екзистенційним запитанням «Хто я?», запитанням, яке в психологічній науці отримало концептуальне оформлення у теорії психосоціального розвитку Е. Еріксона. Згідно з концепцією вченого, центральним завданням підліткового та юнацького віку є формування ідентичності на противагу рольовій дифузії як здатності інтегрувати різноманітні аспекти власного «Я» в цілісний та стійкий образ себе [1]. Цей процес супроводжується кризою самовизначення, інтенсивними рефлексивними переживаннями та активним пошуком відповідей на питання про власні цінності, інтереси та місце у світі.

Сучасні дослідники акцентують увагу на тому, що процес самопізнання підлітків є складним і суперечливим: молодші підлітки ще не здатні до інтеграції суперечливих самохарактеристик, тоді як старші поступово набувають здатності організовувати своє самопізнання у більш цілісний та диференційований спосіб, якщо мають відповідну підтримку [2]. Особистісні характеристики підлітків дедалі більше диференціюються залежно від контексту стосунків у різних сферах «Я з батьками», «Я з друзями», «Я у школі» тощо, що ускладнює формування інтегрованого образу себе. Криза ідентичності наявна тоді, коли особистість, розчиняючись у групі, втрачає свою індивідуальність, а відтак і можливість особистісного зростання [6].

Мета та завдання дослідження. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах воєнного часу, коли підлітки стикаються з підвищеним рівнем тривожності, переживанням вимушеного переміщення, втратою звичних соціальних зв’язків та порушенням нормального перебігу вікових завдань розвитку. За таких умов традиційні вербальні методи психологічної роботи нерідко виявляються недостатньо ефективними, оскільки підліток може не мати мовних засобів для вираження складних внутрішніх переживань. Це актуалізує пошук і застосування невербальних, символічних методів роботи, зокрема арттерапевтичних технік.

Результати дослідження та їх обговорення. Арттерапія – це психотерапевтичний напрям, що використовує творчу діяльність як основний засіб дослідження внутрішнього світу особистості, вираження та опрацювання емоційних переживань [5]. Методологічну основу арттерапевтичної роботи з підлітками становлять гуманістичні, аналітичні та розвиткові підходи, кожен з яких по-різному осмислює роль творчості у процесі особистісного зростання. К. Малкіоді визначає арттерапію як засіб, що допомагає особистості краще зрозуміти себе, підвищує самосвідомість і сприяє самовираженню через фокус на процесі творення, а не на кінцевому результаті [3].

Унікальна терапевтична цінність арттерапії для підліткового контексту полягає в кількох суттєвих перевагах. По-перше, творча діяльність забезпечує безпечну дистанцію між підлітком та його переживаннями: образ, метафора або символ дозволяє торкнутися болючих тем, не викликаючи надмірної тривоги. По-друге, арттерапія активізує інсайт-орієнтовані процеси, адже через розгляд

власного творчого продукту підліток отримує можливість побачити себе ніби «ззовні», що сприяє розвитку рефлексії. По-третє, арттерапевтична робота сприяє встановленню та усвідомленню внутрішньоособистісних зв'язків між когнітивними, емоційними та поведінковими аспектами особистості [4; 8].

Особлива ефективність арттерапії у роботі з підлітками пов'язана також із тим, що творча діяльність є органічним середовищем для цього вікового періоду. Малюючи лінії, підлітки не замислюються про їхні властивості або зміст, висловлюючи свої емоції та почуття; разом з тим лінія може символізувати життєвий шлях або певний його етап [7]. Зображення слугує «індикатором самопізнання», а саме через вибір кольору, форми, композиції та змісту підліток несвідомо проявляє значущі аспекти свого внутрішнього світу, які потім можуть бути усвідомлені та вербалізовані у процесі діалогу з психологом/психотерапевтом.

На основі власного практичного досвіду арттерапевтичної роботи з підлітками в консультативному контексті виокремлено п'ять основних напрямів застосування арттерапевтичних технік, спрямованих на дослідження особистісних якостей.

1. Образотворчі техніки дослідження «Я-образу». До цього напряму належать такі техніки, як «Автопортрет», «Моя рука – карта мого характеру», «Намалюй себе як рослину / тварину / природне явище», «Карта мого внутрішнього світу». Результатом застосування цих технік є усвідомлення підлітками власних рис характеру, які не усвідомлювалися на вербальному рівні; виявлення суперечностей між реальним та ідеальним «Я»; прояснення того, якими підлітки хочуть виглядати в очах інших і якими є насправді. Особливо ефективною виявилась техніка «Обведи долоньку», де на кожному пальці підліток позначає одну свою якість, а потім обговорює, звідки вона, чи подобається йому ця якість і хто ще її бачить.

2. Колажування та метафоричні образи. Колаж «Хто я є і яким хочу стати», «Мій внутрішній і зовнішній світ», «Мої сильні сторони». Ці техніки дозволяють підліткам досліджувати свої цінності, мрії, страхи та ресурси через вибір образів. Особлива цінність колажування полягає у тому, що вибір зображень відбувається переважно інтуїтивно, підліток обирає те, що «зачіпає», не завжди розуміючи чому. Подальше дослідження власних виборів дає багатий матеріал для самопізнання. Виявлено, що підлітки, які відмовлялися говорити про себе словами, охоче вступали в діалог про свій колаж.

3. Казкотерапевтичні та наративні техніки. «Казка про себе», «Придумай героя, схожого на тебе», «Моя казка – початок, середина і кінець», «Лист собі через 10 років». Ці техніки задіюють проективний механізм ідентифікації: підліток через образ героя безпечно досліджує власні переживання, страхи, бажання та можливі стратегії поведінки. Наративний підхід дозволяє підліткові ставати автором власної історії, що є надзвичайно важливим з точки зору формування суб'єктності та відповідальності. Регулярно спостерігалося, що

герої казок підлітків демонструють їхні актуальні переживання точніше, ніж прямі відповіді на запитання про самопочуття.

4. Тілесно-орієнтовані арттерапевтичні техніки. «Де живе моя сила?», «Намалюй свій настрій у тілі», «Карта відчуттів», «Силуети»: підліток обводить власний силует і позначає різними кольорами різні якості або стани в тілі. Ці техніки є особливо ефективними для підлітків із труднощами у вербалізації емоцій та тілесними симптомами тривоги. Через тілесний образ підліток отримує доступ до переживань, які не мають словесного оформлення. Спостерігалося, що після виконання таких технік підлітки демонстрували підвищену готовність говорити про власні почуття.

5. Групові арттерапевтичні практики для дослідження соціального «Я». Техніки «Спільний малюнок», «Подарунок групі», «Що я даю і що беру в стосунках», «Зграя пташок», у яких кожен учасник малює свою частину і розміщує її на спільному аркуші. Групові техніки дозволяють підліткам досліджувати своє місце серед інших, особливості власного стилю взаємодії, здатність до кооперації та конкуренції. Через метафору спільної творчості виявляються реальні групові ролі та динаміка, яка може бути безпечно дослідженою і осмисленою.

Висновки. Арттерапевтичні техніки є ефективним і науково обґрунтованим засобом дослідження особистісних якостей підлітків, що відповідає актуальним завданням їхнього вікового розвитку. Їхня ефективність зумовлена здатністю забезпечити безпечний символічний простір для вираження переживань, які не знаходять мовного оформлення; активізувати рефлексивні та інсайт-орієнтовані процеси; поєднати емоційний і когнітивний рівні самопізнання.

П’ять виокремлених напрямів арттерапевтичної роботи (образотворчі техніки дослідження «Я-образу», колажування, казкотерапевтичні та наративні техніки, тілесно-орієнтовані практики та групові арттерапевтичні вправи) утворюють комплексний інструментарій, який дозволяє підлітку поступово, в безпечному темпі, наблизитися до цілісного розуміння своїх особистісних якостей, цінностей, ресурсів та обмежень.

Перспективами подальших досліджень є розробка та стандартизація програм арттерапевтичного супроводу підлітків у шкільному середовищі, а також емпіричне вивчення ефективності окремих технік щодо розвитку конкретних компонентів самосвідомості.

Список використаних джерел

1. Erikson E. H. Identity: Youth and Crisis. New York : W. W. Norton & Company, 1968. 336 p
2. Harter S. The Construction of the Self: A Developmental Perspective. New York : Guilford Press, 1999. 393 p.
3. Malchiodi C. A. (Ed.). Handbook of Art Therapy. 2nd ed. New York : Guilford Press, 2012. 481 p.

4. Арттерапія дітей у часи війни: методичний посібник / за ред. О. Вознесенської, О. Луценко, М. Перун. Київ: ФОП Назаренко Т. В., 2023. 118 с.
5. Калька Н. Практикум з арт-терапії: навчально-методичний посібник. Ч. 1. Львів: ЛьвДУВС, 2020. 232 с.
6. Матвійчук О., Краєва О. Проблема формування ідентичності в підлітковому віці у контексті розвитку творчої особистості. Вісник Національного університету оборони України. 2022. № 65 (1). С. 64–71.
7. Махній М. Малюнкова психодіагностика: від художніх форм до діалогу. Чернігів: Десна поліграф, 2025. 240 с.
8. Махній М. Проєктивний малюнок в арттерапевтичній практиці. Чернігів: Десна поліграф, 2024. 240 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ СІМЕЙНИХ КОНФЛІКТІВ У СУЧАСНІЙ ПСИХОЛОГІЇ

Сіваченко Алла
магістр
Кафедра психології
Чорноморський національний університет
імені П. Могили, Україна

Сім’я є одним із ключових соціальних середовищ розвитку та життєдіяльності особистості, у межах якого формуються емоційні зв’язки, цінності, моделі поведінки та способи міжособистісної взаємодії. Водночас сімейні стосунки не завжди характеризуються узгодженістю поглядів і потреб їх учасників, що може зумовлювати виникнення конфліктних ситуацій. Сімейні конфлікти є складним психологічним явищем, яке може виникати під впливом особистісних, емоційних, комунікативних та соціально-психологічних чинників.

Актуальність дослідження сімейних конфліктів зумовлена їх поширеністю та значним впливом на функціонування сім’ї й психологічне благополуччя її членів. Тривала конфліктна взаємодія може супроводжуватися емоційним напруженням, зниженням рівня взаємної довіри, незадоволеністю сімейними стосунками та погіршенням психоемоційного стану особистості. У зв’язку з цим важливого значення набуває теоретичне осмислення природи сімейних конфліктів, чинників їх виникнення та особливостей перебігу. У сучасній психології сімейний конфлікт розглядається не лише як негативне явище, а і як специфічна форма взаємодії, яка за певних умов може виконувати конструктивну функцію, сприяти виявленню суперечностей, перегляду взаємних очікувань та пошуку шляхів їх подолання. Саме тому важливим є комплексний підхід до вивчення сімейних конфліктів, що передбачає врахування особливостей сімейної

системи, характеру міжособистісної взаємодії, емоційних реакцій та способів розв'язання конфліктних ситуацій.

Н. Романова, психолог в інтегративному підході та гештальт-терапії, яка є Членом Національної асоціації гештальт терапевтів України, говорить про те, що сімейні конфлікти можна визначити як складні та суперечливі ситуації у взаємодії між членами сім'ї, що виникають унаслідок розбіжностей у поглядах, інтересах, цілях, потребах, соціальних позиціях або доступі до певних ресурсів і часто супроводжуються негативними емоційними переживаннями. Водночас результати наукових досліджень свідчать, що конфліктні ситуації є природною складовою сімейної взаємодії та не завжди мають деструктивний характер. За сприятливих умов їх виникнення може сприяти усвідомленню наявних суперечностей, розвитку взаємин, покращенню комунікації та пошуку конструктивних способів вирішення проблем [3].

Т. Кругла вважає, що сімейні конфлікти є поширеним явищем, яке може свідчити про дисгармонію у взаєминах між членами родини. В умовах сучасних суспільних трансформацій особливої актуальності набуває дослідження сутності, причин та форм прояву сімейних конфліктів, а також їхнього впливу на стабільність подружніх стосунків. Виникнення конфліктів значною мірою зумовлене постійною та емоційно насиченою взаємодією членів сім'ї, кожен із яких має власні потреби, погляди, цінності, звички та очікування. Їх розбіжність може спричиняти суперечності, особливо за недостатнього взаєморозуміння та небажання шукати компроміс. За відсутності конструктивної комунікації конфлікти можуть супроводжуватися взаємними претензіями, образами та емоційним напруженням, що негативно впливає на психологічний клімат у сім'ї. Тому важливим завданням психологічних досліджень є визначення чинників сімейних конфліктів та пошук ефективних способів їх попередження і конструктивного подолання [1].

М. Саврасов, Е. Панасенко та Г. Семенков досліджували сімейний конфлікт як психологічну кризу. Сімейний конфлікт, на їх думку, це вид міжособистісного конфлікту в системі сімейних стосунків, що характеризується емоційною залученістю, повторюваністю та впливом на психологічний добробут членів родини. Він може бути зумовлений розбіжностями у сімейних ролях, очікуваннях, спілкуванні, емоційній підтримці та життєвих цінностях і найчастіше виникає між подружжям, батьками та дітьми або представниками різних поколінь [4].

В. Турбан зазначає, що сімейний конфлікт є психологічним феноменом, який впливає на соціальну, психологічну та фізичну сторони розвитку всіх членів сім'ї. Сімейні конфлікти розглядаються як протиборство між членами сім'ї на основі зіткнення протилежно спрямованих мотивів і поглядів. Конфлікти, зазвичай, бувають відкритими або прихованими. Відкриті конфлікти мають форму сварки, скандалу, бійки і т.д. Приховані ж конфлікти не мають яскравого зовнішнього прояву, це внутрішнє невдоволення, але їхній вплив на подружні відношення не менш відчутніший, аніж відкритих. Якщо ж говорити про

психологічні особливості конфліктів у сім'ї, то вони виражаються у тому, що психічний стан подружжя може перейти у стрес, тому може спотворювати психіку людини [5].

Цікавою є думка Л. Матохнюк та О. Зеленько, що сімейний конфлікт часто виникає як наслідок прагнення одного або обох партнерів задовольнити власні потреби без достатнього врахування інтересів інших членів родини. Постійне протиборство між подружжям може призводити до тривалого емоційного напруження та негативно впливати на характер сімейних взаємин. Водночас збереженню шлюбу та стабілізації стосунків можуть сприяти компроміс, взаєморозуміння і готовність партнерів враховувати потреби один одного. Причини сімейних конфліктів є різноманітними та пов’язані як із психологічними, так і з соціальними чинниками. До психологічних чинників належать рівень готовності до подружнього життя, ціннісні орієнтації партнерів, моральні установки та рівень подружньої сумісності. Серед соціальних чинників важливе місце посідають безробіття, матеріальні труднощі, відсутність належних житлових умов, надмірне фізичне навантаження та труднощі, пов’язані з організацією догляду й виховання дітей. Таким чином, виникнення та розвиток сімейних конфліктів зумовлюються сукупною дією психологічних і соціальних чинників, а також особливостями динаміки взаємин між членами родини [2].

Особливістю сімейного конфлікту є його тривалість у спільному життєвому просторі, що ускладнює уникнення та дистанціювання. Тому важливим є розуміння не лише причин конфлікту, а й механізмів його подолання та адаптаційних стратегій. Водночас за умови усвідомлення й конструктивної трансформації взаємодії конфлікт може стати чинником особистісного розвитку [4].

Отже, сімейний конфлікт є складним багатофакторним явищем, що виникає під впливом суперечностей у потребах, цінностях, очікуваннях, сімейних ролях та особливостях міжособистісної взаємодії. Сучасні психологічні підходи розглядають його не лише як деструктивний процес, а й як можливість для переосмислення взаємин, особистісного розвитку та зміцнення сімейної системи за умови конструктивного розв’язання. Теоретичне осмислення психологічних чинників і механізмів сімейних конфліктів є важливою основою для розроблення ефективних стратегій їх профілактики та психологічної допомоги сім’ям.

Список використаних джерел

1. Кругла Т. Сімейний конфлікт: причини виникнення, попередження, врегулювання. Медсестринство. 2017. №4. С. 71-74.
2. Матохнюк Л., Зеленько О. Теоретичний аналіз поняття «сімейний конфлікт» як психологічний феномен. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Психологічні засади розвитку, психодіагностики та корекції особистості в системі безперервної освіти». 2023 р. С. 115-120.

3. Романова Н. Поради психолога: як вирішити сімейні конфлікти [Електронний ресурс]. Romanova. Режим доступу: https://romanova-mental.com/blog/article/porady_psykholoha_yak_vyrishyty_simeini_konflikty (дата звернення: 05.09.2026 р.)
4. Саврасов М., Панасенко Е., Семенков Г. Сімейний конфлікт як психологічна криза: адаптаційні стратегії особистості. Габітус. Серія «Психологія особистості». 2025. С. 217-221.
5. Турбан В. Сімейний конфлікт як предмет дослідження у практичній психології. 2016. Режим доступ: http://www.appsychology.org.ua/data/jrn/v10/i28/42.pdf (дата звернення: 05.09. 2026).

Section: Technical Sciences

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА ФАКТОРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Чмир Віктор
к.т.н., доцент
Ільченко Роман
курсант
Кафедра інженерного та технічного забезпечення
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, Україна

Транспортна система є основою стабільного функціонування економіки, промисловості, будівництва, сільського господарства та системи національної безпеки держави. Серед усіх видів транспорту автомобільний займає ключове місце завдяки своїй високій мобільності, маневреності та можливості доставки вантажів і пасажирів практично між будь-якими пунктами із розвиненою або частково збереженою мережею автошляхів [1].

Головною технологічною перевагою автомобільного транспорту є реалізація принципу доставки «від дверей до дверей» (door-to-door), що суттєво мінімізує потребу у додаткових вантажно-розвантажувальних операціях і проміжній складській обробці вантажів. Крім того, автомобільний транспорт дає змогу гнучко реагувати на оперативну обстановку та коригувати маршрути руху в разі виникнення заторів, проведення ремонтних робіт або виникнення безпекових загроз на шляху прямування. Залежно від фізико-хімічних властивостей вантажів та вимог до їх транспортування використовується широкий спектр рухомого складу: від стандартних бортових автомобілів та фургонів до спеціалізованої техніки (рефрижератори, цистерни, самоскиди) [2].

Водночас ефективність використання даного виду транспорту обмежена станом дорожнього покриття, вартістю пально-мастильних матеріалів, показниками технічної готовності автопарку та загальним рівнем організації транспортно-логістичних процесів [3].

Організація транспортного процесу являє собою чітко координований комплекс послідовних часових і технологічних операцій, спрямованих на своєчасну та безпечну доставку вантажу із забезпеченням його цілісності [4].

Структурно транспортний процес охоплює такі основні етапи:

Отримання, аналіз та обробка замовлення: оцінка параметрів вантажу (маса, об'єм, температурний режим, габарити) та умов його транспортування.

Вибір транспортного засобу: підбір оптимальної моделі рухомого складу за вантажопідйомністю, корисним об'ємом кузова та способами завантаження.

Підготовка рухомого складу та перевірка технічного стану: проведення передрейсового контролю вузлів, агрегатів і системи безпеки автомобіля [5].

Планування та оцінка маршруту руху: визначення оптимального шляху прямування з урахуванням відстані, дорожніх обмежень та термінів доставки.

Завантажувальні операції та правильне кріплення вантажу: забезпечення раціонального розподілу маси по вісях транспортного засобу та його надійна фіксація.

Безпосередньо транспортування та поточний контроль рейсу: здійснення переміщення вантажу із можливістю моніторингу його локації в режимі реального часу.

Розвантаження та передача вантажу: оформлення приймально-здавальної документації та передача майна отримувачу.

Аналіз результатів перевезення: порівняння планових та фактичних показників (час, витрати пального, простої) для виявлення резервів підвищення ефективності.

Узгодженість і взаємозв'язок усіх зазначених етапів безпосередньо визначають кінцеву ефективність і надійність всієї логістичної ланцюгові системи.

Для оптимізації управління транспортними процесами застосовують класифікацію перевезень за кількома базовими ознаками [6]:

За географічною напрямленістю: внутрішні (здійснюються в межах території України) та міжнародні (передбачають перетин державного кордону та вимагають дотримання митно-прикордонних процедур).

За характером вантажу: звичайні (універсальні) та спеціалізовані (доставка небезпечних, швидкопсувних, негабаритних, важковагових чи рідких вантажів).

За організаційним формою: самостійні автоперевезення або прямі змішані (мультимодальні), у яких автомобільний транспорт виступає початковою, проміжною чи завершальною ланкою разом із залізничним, морським чи авіаційним транспортом.

Окреме місце в системі класифікації посідають гуманітарні та евакуаційні перевезення, мета яких полягає в оперативній доставці медикаментів, продуктів харчування, критичного обладнання та переміщенні цивільного населення з небезпечних зон. Основні вимоги до таких перевезень - максимальна оперативність, безперебійність та підвищений рівень безпеки [7].

Запровадження воєнного стану докорінно змінило умови функціонування транспортно-логістичного сектору України. Ведення бойових дій призвело до масштабних деструктивних наслідків для інфраструктури: руйнування шляхопроводів, мостових переходів, дорожнього покриття, складських та термінальних комплексів.

Основними факторами негативного впливу та ризиками в умовах війни є [8]:

Вимушене перенаправлення вантажопотоків та зміна традиційних транспортних коридорів;

Суттєве збільшення протяжності маршрутів через необхідність об'їзду небезпечних або зруйнованих ділянок;

Зростання часових витрат на рейс, виникнення понаднормових простоїв та затримок (зокрема на контрольно-пропускних пунктах);

Підвищення експлуатаційних витрат, вартості пально-мастильних матеріалів, запчастин і технічного обслуговування;

Загрози життю та здоров'ю водійського складу, ймовірність втрати або пошкодження рухомого складу та вантажу;

Дефіцит кваліфікованого персоналу та підвищене психофізичне навантаження на водіїв.

Зазначені ризики вимагають від транспортних підприємств і підрозділів відходу від жорсткого нормативного планування на користь гнучкого оперативної коригування дій.

Підвищення ефективності автомобільних перевезень в умовах воєнного стану є комплексним завданням, що залежить від групи технічних, економічних, організаційних та безпекових факторів.

До ключових важелів оптимізації належать:

Оптимізація маршрутизації та зниження порожнього пробігу: Забезпечення зворотного завантаження автомобілів та мінімізація непродуктивних пробігів суттєво знижують собівартість перевезень.

Раціональне використання вантажопідйомності та місткості: Чітка відповідність типу і технічних характеристик автомобіля обсягу та масі вантажу унеможливлює як перевитрату ресурсів, так і передчасне зношування техніки.

Скорочення часу простоїв: Удосконалення механізації завантажувально-розвантажувальних робіт та належна підготовка супровідної документації прискорюють оборотність транспорту.

Впровадження цифрових технологій: Використання систем GPS-моніторингу, датчиків контролю витрат пального, цифрових карт та електронного документообігу підвищує оперативність управління, прозорість та контрольованість перевізного процесу.

Превентивна система технічного обслуговування: Систематична перевірка технічного стану автопарку та створення резерву критично важливих запасних частин дозволяють мінімізувати ризики раптових поломок на маршруті.

Таким чином, у період воєнного стану забезпечення ефективності й стійкості автомобільних перевезень досягається шляхом інтеграції оперативної оцінки безпекових ризиків, впровадження цифрового моніторингу та раціонального управління ресурсами автотранспортних підприємств.

Список використаних джерел

1. Про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2344-14 (дата звернення: 07.09.2026).
2. Про правовий режим воєнного стану: Закон України від 12.05.2015 № 389-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/389-19 (дата звернення: 07.09.2026).
3. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027

роках: Постанова КМУ від 27.12.2024 № 1550. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1550-2024-п (дата звернення: 07.09.2026).
4. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Варчук В. В. Організація автомобільних перевезень: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2017. 139 с.
5. Оліскевич М. Організація автомобільних перевезень. Ч. 1: Вантажні перевезення: навч. посіб. Львів: Львівська політехніка, 2017. 336 с.
6. Істелеуова М. С., Грицук І. В., Арімбекова П. М., Тарандушка Л. А. Організація та логістика перевезень: підручник. Херсон: Олді-плюс, 2021. 264 с.
7. Волохова І. В., Волохов В. А., Лук'янова О. М. Фактори впливу на логістичне забезпечення України в умовах війни. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2023. № 80. DOI: https://doi.org/10.18664/btie.80.286822.
8. Крамаренко І. С., Надточій І. І., Маркова Є. Ю. Транспортна логістика: навч. посіб. Миколаїв: Іліон, 2024. 240 с.

ASSESSMENT OF TECHNICAL LOSSES OF ELECTRICITY IN THE DISTRIBUTION NETWORK USING THE SICAD SOFTWARE COMPLEX

Oliinyk Yuliia
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Onyshchenko Anna
Master's degree
Department of Electrical Engineering and Electric Power Industry
V. N. Karazin Kharkiv National University
Kharkiv, Ukraine

One of the urgent problems of modern electricity is the reduction of electricity losses in low-voltage distribution networks. A significant share of the total electricity losses is accounted for specifically by the 0.4 kV networks, which is due to their considerable length, uneven load, low power factor of consumers, as well as unsatisfactory technical condition of certain elements of the network. In this regard, the issue of increasing the energy efficiency of such networks is one of the priority directions for the development of modern power supply systems.

Technical losses of electricity are inevitable and occur in the process of transmission and distribution of electrical energy. The main components of technical losses in 0.4 kV networks are losses in power transformers, wires and cable lines, contact connections, as well as additional losses caused by load asymmetry, reactive power and the presence of higher current harmonics.

The main attention is paid to the technical losses of electrical energy, as they are one of the key indicators of the efficiency of the distribution electric networks. Their magnitude directly depends on the design parameters of the network, in particular the length of the power lines, the cross-section and the material of the current-carrying

wires, as well as on mode characteristics such as load level, current magnitude, voltage and power distribution between consumers.

The analysis of technical losses makes it possible to identify the most loaded areas of the network, assess the impact of individual elements on the total energy losses and justify technical measures to reduce them. Therefore, the study of technical losses is an important stage of increasing the energy efficiency of low-voltage distribution networks and ensuring their reliable operation.

Mathematical modeling methods and modern specialized software complexes are used to estimate the amount of technical losses and study various modes of network operation. The use of modeling software makes it possible to calculate flow distribution, determine voltage and power losses in individual sections of the network, analyze voltage levels in nodes, and evaluate the effectiveness of various technical measures to reduce electricity losses.

The largest share is the loss of active power in the current-carrying elements of the network, which depend on the amount of load and active resistance of the conductors. As the load current increases, the losses increase in proportion to the square of the current, so they are especially significant in networks with a significant length of lines and insufficient cross-section of wires.

✓ an important direction in reducing technical losses is the optimization of network operating modes. The main measures to reduce power losses in 0.4 kV networks include:

- ✓ increasing the cross-section of wires and cables;
- ✓ reactive power compensation;
- ✓ uniform distribution of single-phase loads between phases;
- ✓ replacement of outdated electrical equipment with modern energy-efficient;
- ✓ shortening the length of lines by optimal placement of transformer substations;
- ✓ application of automated electricity control and accounting systems.

Improving the energy efficiency of 0.4 kV distribution networks by reducing technical losses allows not only to reduce the operating costs of distribution system operators, but also to increase the reliability of electricity supply to consumers, improve the quality of electrical energy and ensure a more rational use of energy resources.

Consequently, the technical losses of electrical energy in 0.4 kV distribution networks are an important indicator of the efficiency of their functioning and require constant analysis and optimization. The application of modern methods of mathematical modeling and technical measures to optimize network operation modes makes it possible to timely identify problem areas, justify effective solutions for reducing losses and increase the energy efficiency of power supply systems.

References

1. Електричні системи і мережі. Частина 1: навчальний посібник/ Ю.В. Малогулко, О.Б. Бурикін, Т.Л. Кацадзе, В.В. Нетребський; за ред. П. Д. Лежнюка. –Вінниця: ВНТУ, 2020. – 200 с.

2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Вилучено з https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStratagy2030.pdf
3. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) : затв. наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476.
4. SiCAD – Powerline Designing. Online CAD for designing of LV and MV distribution lines. Офіційний сайт SiCAD

УДК 621.396:621.3.019.3

ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ НА КОМПОНЕНТНОМУ РІВНІ

Кузавков Василь
доктор технічних наук, професор,
начальник кафедри електроніки та схемотехніки
Факультет електронних комунікаційних систем,
ORCID ID: 0000-0002-0655-9759
Ланко Антон
здобувач ступеня доктора філософії поза ад'юнктурою,
ORCID ID: 0009-0001-1124-1526
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації
імені Героїв Крут, м. Київ, Україна

В роботі авторами представлено апробацію наукових результатів [1]. Сутність запропонованого підходу полягає у визначенні (математичному описі) класичних параметрів надійності радіоелектронного обладнання (РЕО) через інженерні показники. Згідно з науковою гіпотезою, ці залежності можливо описати чотирма функціями, числові значення яких розраховуються за допомогою відповідних аналітичних методів. Зокрема, методи визначення значень функцій f_1 та f_2, представлено у працях [2, 3]. За допомогою цих функцій визначається: γ–ресурс T_γ через індекс деградації D_{vis} (f_1), та ймовірність безвідмовної роботи P(t) з урахуванням структурної надлишковості (f_2). Обидві функції відповідають на питання «в якому стані система», але не відповідають на питання «який компонент відмовить першим і коли». Між тим, саме ця інформація є необхідною для планування технічного обслуговування і цільової заміни компонентів.

Слід зауважити, функції f_1 і f_2 не враховують електричні параметри компонентів, доступні з маркування. Резистор на 0,5 Вт, що працює при потужності 0,1 Вт, і резистор тієї ж потужності при навантаженні 0,45 Вт , отже мають принципово різний ресурс. Параметрична надлишковість є саме тим механізмом, який кількісно пов'язує рівень навантаження з ресурсом радіоелектронного компонента (РЕК).

Таким чином, f_3 - методика оцінювання параметрів надійності РЕО на компонентному рівні (третій крок ієрархічної методики вирішує задачі, недоступні для f_1 і f_2: ідентифікацію найслабшого компонента, кількісну оцінку його індивідуального ресурсу, та диференційовану корекцію стану деградації по типах компонентів.

Ключовою методологічною характеристикою системи f_1-f_3 є ієрархія точності: кожна наступна функція залучає додаткові спостережувані дані і тим самим звужує невизначеність результату. Таблиця 1 формалізує цю ієрархію.

Таблиця 1 Ієрархія функцій f_1–f_3: вхідні дані, результати та невизначеність

Функція	Вхідні дані	Результат	Невизначеність
f_1	виключно візуальний огляд	T_γ - γ–ресурс, год	найвища: α, w_i
f_2	огляд + маркування	P(t) - ймовірність безвідмовної роботи	середня: k_{use}, K_s
f_3	огляд + маркування + мінімальні вимірювання	$T_{кр}$ - критичний час компонентного рівня, год	найнижча: $K_{зап}$ ідентифікується точніше

Прогресивне зниження невизначеності від f_1 до f_3 є самостійним методологічним результатом системи. f_3 досягає нижчої невизначеності завдяки двом чинникам: $K_{зап,j}$ визначається об'єктивно з маркування (на відміну від суб'єктивного k_{use} у f_2), а мінімальні вимірювання дозволяють уточнити розподіл навантаження між компонентами.

Отже, f_3 не замінює f_1 і f_2, а доповнює їх. Три функції дають три різних виміри стану: T_γ - скільки ресурсу залишилось у системи; P(t) - яка ймовірність безвідмовної роботи з урахуванням структури; $T_{кр}$ - коли відмовить найслабший компонент. Спільна інтерпретація всіх трьох є підставою для обґрунтованого управлінського рішення.

Список використаних джерел

1. Кузавков В.В. Ланко А.В. Оцінка показників надійності радіоелектронного обладнання в умовах обмеженої апріорної інформації.. V Міжнародна науково практична конференція, Актуальні питання сучасної науки: історія, теорія, практика : тези доп. Харків : СГ НТМ «Новий курс», 2026. С. 93—95. DOI 10.61718/nsn.(online).URL:https://mega.nz/file/WqIWjA7K#V5HvQ4hyIELfqDXrzBiEEeAAwEvSo9DV-_SVbKevsTw
2. Кузавков В.В. Ланко А.В. Яшник В.С. Методика оцінювання залишкового ресурсу радіоелектронного обладнання Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Global Directions in Scientific Research and Technological Development" September 7-9, 2026 Valencia, Spain C. 314-316 DOI https://doi.org/10.70286/EOSS-07.09.2026.014.314-316

3. Кузавков В.В. Ланко А.В. Структурна надлишковість при оцінюванні надійності радіоелектронного обладнання. Progressive Approaches in Science and Engineering: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. Copenhagen, Denmark. September 9-11, 2026. 370-372. URL: https://isu-conference.com/en/archive/progressive-approaches-in-science-and-engineering-09-09-26/ . DOI: https://doi.org/10.70286/ISU-09.09.2026.028

OPTIMIZATION OF VOLTAGE LEVELS IN THE 10/0.4 KV DISTRIBUTION NETWORK BY MEANS OF SICAD AS A TOOL TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY

Oliinyk Yuliia
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Levchenko Diana
Master's degree
Department of Electrical Engineering and Electric Power Industry
V. N. Karazin Kharkiv National University
Kharkiv, Ukraine

Today, the electricity industry of Ukraine is undergoing an active stage of modernization and digital transformation, which is due to the need to increase energy efficiency, ensure the reliability of electricity supply and introduce modern information technologies into the processes of managing electrical networks. An important direction of development is the improvement of the operating modes of 10/0.4 kV distribution networks, which ensure the transmission of electrical energy from transformer substations to end users and are a key link in the power supply systems of industrial enterprises, social infrastructure facilities and the housing and communal sector.

Features of the functioning of 10/0.4 kV networks, in particular the significant length of overhead and cable lines, uneven distribution of load between phases, changing daily electricity consumption schedules and increasing the number of sources of distributed generation, significantly affect voltage levels and the amount of technical losses of electrical energy. Deviation of voltage from regulatory values can negatively affect the operation of electrical equipment, and increased losses of electrical energy lead to an increase in operating costs and a decrease in the overall efficiency of the network.

One of the most effective ways to increase the energy efficiency of distribution networks is to optimize voltage levels. Ensuring normative voltage values in network nodes helps to reduce technical losses of active power, improve the operating modes of power transformers and power transmission lines, increase the efficiency of the use of electrical equipment and increase its service life. In addition, the optimization of voltage modes can ensure the saving of electrical energy without the need for a large-

scale reconstruction of the entire power supply system, which makes this direction relevant in conditions of limited investment resources.

Effective solution of optimization problems requires the use of modern methods of mathematical modeling and digital tools for the analysis of electrical networks. In the work, the SICAD software complex was used to study the modes of the distribution network, which makes it possible to create a digital model of the electrical network, perform flow distribution calculations, determine voltage levels in nodes, power and voltage losses, as well as analyze various modes of network operation. The use of digital modeling allows not only to assess the current state of the network, but also to determine the most problematic areas and justify the expediency of carrying out technical measures to increase its energy efficiency.

In the process of research, special attention is paid to the optimization of the parameters of the most loaded sections of the distribution network. One of the technical measures considered is to increase the cross-section of the current-carrying parts of the lines. Increasing the cross-section of the conductor leads to a decrease in its active resistance, which directly affects the amount of active power losses and voltage drop along the line. As a result, the voltage profile in the network is improved and conditions are created for more efficient operation of consumers' electrical equipment.

To evaluate the effectiveness of the proposed measure, a comparison of network parameters before and after changing the cross-section of conductors was made. Based on the results of the modeling, the change in voltage levels in the nodes, the amount of active power losses and the total losses of electrical energy were determined. The obtained results make it possible to assess the impact of changing the design parameters of the lines on the mode of operation of the distribution network and to determine the expediency of using such a measure to increase its energy efficiency.

Consequently, the use of digital simulation allows a comprehensive investigation of the modes of operation of 10/0.4 kV electrical distribution networks and the justification of technical solutions for their improvement. Optimization of voltage levels by changing the parameters of the most loaded areas, in particular, increasing the cross-section of conductors, is an effective direction of reducing technical losses, improving the quality of power supply and increasing the energy efficiency of the network. The use of digital modeling software complexes creates an opportunity to evaluate the effectiveness of the proposed measures at the design stage and make technically justified decisions regarding the modernization of electrical networks.

References

1. SICAM Power Automation Platform. Siemens AG. Офіційна документація програмної платформи SICAM для аналізу та автоматизації електричних мереж.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Вилучено з https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStratagy2030.pdf
3. ДСТУ EN 50160:2023. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.
4. Кодекс систем розподілу. Постанова НКРЕКП № 310 від 14.03.2018.

DOI 10.70286/EOSS-14.09.2026.019.348-352

СИНТЕЗ ЕКВІВАЛЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯМ

Пасєка Богдан Володимирович
аспірант
Мокін Борис Іванович
академік НАПН України, д-р техн. наук, професор
Мокін Олександр Борисович
д-р техн. наук, професор
Кафедра системного аналізу та інформаційних технологій
Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація. У роботі синтезовано еквівалентні математичні моделі оптимального руху електромобіля з тяговим електроприводом змінного струму, у яких трансцендентні складові — експоненціальна, синусоїдальна, косинусоїдальна, логарифмічна та радикальна — замінені обрізаними степеневими рядами Тейлора—Маклорена. На відміну від попередніх досліджень, де було визначено лише спосіб наближення кожної окремої функції, наближення підставлено безпосередньо у формули обчислення відносного струму та відносної швидкості й зведено подібні члени, унаслідок чого еквівалентні моделі одержано в завершеному вигляді. Виконано системний аналіз оптимального руху з їх використанням та визначено коефіцієнти пришвидшення обчислень.

Ключові слова: системний аналіз, електромобіль, тяговий електропривод змінного струму, оптимальний рух, еквівалентні моделі, обрізані степеневі ряди, коефіцієнт пришвидшення обчислень.

Введення. Математичні моделі оптимального руху електромобіля з тяговим електроприводом змінного струму, синтезовані за критерієм мінімуму витрат заряду силової акумуляторної батареї [1—3], реалізуються методом послідовних наближень. На кожному кроці ітераційної процедури потрібно обчислювати значення значної кількості трансцендентних функцій, а це вимагає на кілька порядків більше машинного часу, ніж елементарні алгебраїчні операції. Саме через це результати обчислень надходять до водія вже тоді, коли дорожня ситуація зазнала суттєвих змін. У статті [4] запропоновано ідею еквівалентування — обчислювати значення трансцендентних функцій через їх наближення обрізаними степеневими рядами. Проте там було зроблено лише перший крок: визначено спосіб наближення кожної окремої функції, без підстановки у формули та зведення подібних членів, тобто еквівалентні моделі

не доведено до завершеного вигляду, а виграш у часі обчислень залишився неоціненим кількісно.

Мета та задачі дослідження. Одержати еквівалентні моделі оптимального руху електромобіля в завершеному вигляді та виконати системний аналіз цього руху з їх використанням. Задачі: підставити степеневі наближення у формули обчислення відносного струму й відносної швидкості та звести подібні члени; поширити підхід на ділянки спуску, підйому та повороти; шляхом комп'ютерного моделювання визначити коефіцієнти пришвидшення обчислень і оцінити похибки еквівалентування.

Результати дослідження і їх обговорення. Відносна швидкість електромобіля на горизонтальному відрізку дороги та відносний струм обмотки статора приводного асинхронного електродвигуна обчислюються за співвідношеннями [1], [3]

$$v_{k+1} = v_k + \frac{a^2+b^2}{2ab}\ln\left(i_k + \sqrt{i_k^2+1}\right)\Delta\tau_k - \left(f_0 + f_1 v_k + f_2 v_k^2\right)\Delta\tau_k \quad (1)$$

$$i_k^{(n)} = i_k^{(n-1)} - \frac{C_3}{n}\{2a\sqrt{\left(i_k^{(n-1)}\right)^2+1}\left(1-2\alpha i_k^{(n-1)}\right) - \\ - \frac{a^2+b^2}{b}\left[C_1^* e^{(f1+2f2vk)\Delta\tau k} - \frac{C_2^*}{f_1+2f_2 v_k}\right]\} \quad (2)$$

де a, b — параметри приводного асинхронного електродвигуна; f0, f1, f2 — нормовані коефіцієнти опору руху; α — коефіцієнт падіння відносної напруги; C1*, C2* — сталі інтегрування; C3 — коефіцієнт релаксації; Δτk — крок за відносним часом.

Замінюючи трансцендентні складові обрізаними степеневими рядами Тейлора—Маклорена з мінімально необхідною кількістю членів [4], маємо

$$e^{(f1+2f2vk)\Delta\tau k} \approx 1 + (f_1 + 2f_2 v_k)\Delta\tau_k,\ \sqrt{i^2+1} \approx 1 + \frac{1}{2}i^2 - \frac{1}{8}i^4 \quad (3)$$

$$\ln\left(i_k + \sqrt{i_k^2+1}\right) \approx i_k - \frac{1}{6}i_k^3 + \frac{3}{40}i_k^5,\ \sin\beta_k \approx \beta_k - \frac{1}{6}\beta_k^3,\ \cos\beta_k \approx 1 - \frac{1}{2}\beta_k^2 \quad (4)$$

Підставляючи наближення (3) у формулу (2) й зводячи подібні члени, одержуємо еквівалентну модель обчислення відносного струму

$$i_k^{(n)} = i_k^{(n-1)} - \frac{C_3}{n}\{2a - 4a\alpha i_k^{(n-1)} + a\left(i_k^{(n-1)}\right)^2 - 2a\alpha\left(i_k^{(n-1)}\right)^3 - \\ - 0{,}25a\left(i_k^{(n-1)}\right)^4 + 0{,}5a\alpha\left(i_k^{(n-1)}\right)^5 - \frac{a^2+b^2}{b}[C_1^*(1 + (f_1 + 2f_2 v_k)\Delta\tau_k) - \\ - \frac{C_2^*}{f_1+2f_2 v_k}]\} \quad (5)$$

а підставляючи (4) у формулу (1) — еквівалентну модель обчислення відносної швидкості для горизонтального відрізка дороги

$$v_{k+1} = v_k + \frac{a^2+b^2}{2ab}\Delta\tau_k\left[i_k - \frac{1}{6}i_k^3 + \frac{3}{40}i_k^5\right] - \left(f_0 + f_1 v_k + f_2 v_k^2\right)\Delta\tau_k \quad (6)$$

Для ділянок спуску та підйому до правої частини (6) додаються складові, зумовлені проєкцією сили тяжіння та зміною нормального навантаження на колеса, які після заміни тригонометричних функцій за (4) набувають вигляду

$$\pm f_0^* \Delta\tau_k \left(\beta_k - \frac{1}{6}\beta_k^3\right) - f_0 \Delta\tau_k \left(1 - \frac{1}{2}\beta_k^2\right) \quad (7)$$

де βk — кут нахилу дорожнього полотна, а знак «+» відповідає спуску, знак «−» — підйому. Для руху на поворотах дороги еквівалентна модель зберігає залежність між допустимою швидкістю, радіусом повороту, бічним прискоренням і межами стійкості

$$v_{екв} = k_s \sqrt{a_{у,доп} R} \quad (8)$$

де R — радіус повороту; ау,доп — допустиме бічне прискорення; ks — коригувальний коефіцієнт безпечності.

Отже, вирази (5)—(8) є еквівалентними моделями оптимального руху електромобіля в завершеному вигляді: вони являють собою поліноми не вище п’ятого степеня, не містять жодного кореня, логарифма, експоненти, синуса чи косинуса й обчислюються виключно операціями додавання, віднімання та множення, зберігаючи при цьому незмінними структуру ітераційної процедури, початкові, граничні та обмежувальні умови.

Комп’ютерне моделювання виконано мовою C з реальними параметрами тягового асинхронного електроприводу потужністю 194 кВт електромобіля масою 1902 кг для чотирьох сценаріїв руху. Порівняльні часові характеристики наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Часові характеристики обчислення параметрів оптимального руху

№ сценарію	К-сть кроків N	Час за базовою моделлю, мс	Час за еквівалентною моделлю, мс	Коефіцієнт Kt	Скорочення, %
1	1200	0,1027	0,0403	2,55	60,8
2	900	0,0770	0,0302	2,55	60,8
3	1200	0,1024	0,0403	2,54	60,6
4	2500	0,2139	0,0839	2,55	60,8

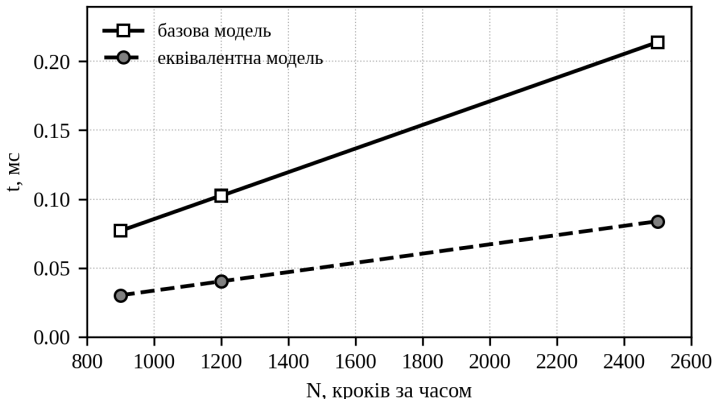


Рисунок 1. Залежність часу обчислення від кількості кроків за часом

Коефіцієнт пришвидшення обчислень визначено як відношення Kt = tбаз/текв. Як видно з табл. 1 і рис. 1, він становить Kt ≈ 2,55, тобто час обчислення скорочується на 60,6…60,8 % незалежно від тривалості маршруту й кількості кроків за часом. Для еквівалентної моделі руху на поворотах (8) час обчислення зменшується з 1392 до 241 мс, звідки

$$K_{t,R} = \frac{t_{повн,R}}{t_{екв,R}} = \frac{1392}{241} = 5{,}78 \quad (9)$$

що відповідає скороченню часу обчислення на 82,7 %. Оскільки реальний маршрут є послідовністю ділянок різного типу, доцільно оцінювати узагальнений коефіцієнт пришвидшення

$$K_{t,заг} = \frac{1}{\frac{1-\gamma}{K_t} + \frac{\gamma}{K_{t,R}}} \quad (10)$$

де γ — частка часу обчислень, що припадає на поворотні ділянки. Підстановка Kt = 2,55 і Kt,R = 5,78 дає Kt,заг = 3,06 за γ = 0,3 і Kt,заг = 3,54 за γ = 0,5, тобто для реальних маршрутів перехід до еквівалентних моделей скорочує час обчислень більш ніж утричі.

Ціною такого пришвидшення є похибка апроксимації. На фактичному діапазоні зміни відносного струму i ≈ 0,49…0,86 максимальна відносна похибка не перевищує 1,8 % (для arsh i — 1,72 %, для радикальної складової — 1,66 %, для sin β і cos β — 0,065 і 0,358 % відповідно). Такий запас точності є прийнятним для задачі формування рекомендації водієві, оскільки він не змінює якісного характеру траєкторії руху й істотно поступається природній невизначеності маси завантаження, стану дорожнього покриття та метеорологічних умов.

Висновки. Уперше одержано еквівалентні моделі оптимального руху електромобіля з тяговим електроприводом змінного струму в завершеному вигляді — вирази (5)—(8), які є поліномами не вище п’ятого степеня й обчислюються виключно алгебраїчними операціями. Системний аналіз оптимального руху з їх використанням показав, що коефіцієнт пришвидшення обчислень становить 2,55 для горизонтальної ділянки та ділянок зі спуском чи підйомом і 5,78 для руху на поворотах за максимальної похибки апроксимації, що не перевищує 1,8 %. Це забезпечує можливість обчислення параметрів оптимального руху в прийнятні відрізки часу й відкриває шлях до бортової реалізації системи підтримки прийняття рішень водієм електромобіля.

Список використаних джерел

1. Мокін Б. І. Системний аналіз оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом : монографія / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, В. В. Горенюк. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 114 с.
2. Мокін Б. І. Математичні моделі оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом горизонтальним відрізком дороги за наявності на ньому населеного пункту та зупинкою у цьому пункті / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, Б. В. Пасєка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2025. – № 2. – С. 62–70.

3. Мокін Б. І. Математичні моделі оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом за наявності на дорозі спусків, підйомів і населеного пункту та зупинкою у цьому пункті / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, Б. В. Пасєка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2025. – № 6. – С. 89–98.
4. Мокін Б. І. Еквівалентні моделі процесу обчислень в задачі синтезу моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, Б. В. Пасєка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2026. – № 2.
5. Horeniuk V. Integration of kinematic and dynamic mathematical models of a two-axle electric car in the problem of estimating its stability on turns / V. Horeniuk // ScienceRise. – 2021. – № 5. – P. 23–29.

Section: Tourism and Hotel and Restaurant Business

СОЦІАЛЬНА ПРИСУТНІСТЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ГОСТЕЙ ГОТЕЛЮ

Гессен Анатолій Євгенович
кандидат економічних наук, доцент
Кафедра туристичного та готельно-ресторанного бізнесу
Дніпровський гуманітарний університет, Україна

Цифрова взаємодія поступово стає звичною частиною готельного обслуговування. Бронювання, підтвердження поселення, замовлення додаткових послуг, навігація, звернення до адміністратора дедалі частіше здійснюються через чат-боти, мобільні застосунки або електронні панелі. В українській практиці подібні рішення поки що впроваджуються нерівномірно. Великі готелі мають ширші технологічні можливості, тоді як невеликі заклади переважно використовують прості цифрові канали комунікації. Проте вплив штучного інтелекту залежить не стільки від складності обладнання, скільки від характеру контакту з гостем.

Метою дослідження є огляд ролі соціальної присутності штучного інтелекту у формуванні екологічно відповідальної поведінки гостей готелю з урахуванням умов функціонування українських підприємств гостинності. Особлива увага приділяється цифровим повідомленням, спрямованим на повторне використання рушників і постільної білизни, відмову від необов'язкового прибирання номера, зменшення споживання води й електроенергії.

Поняття соціальної присутності пов'язували зі здатністю засобу комунікації створювати відчуття контакту з іншим учасником взаємодії. У цифровому середовищі така властивість проявляється тоді, коли повідомлення сприймається не як автоматично сформований текст, а як адресоване, доречне й уважне звернення.

Для готельного сервісу така відмінність принципова. Стандартна фраза на картці у ванній кімнаті може залишитися непоміченою. Цифрове повідомлення, надіслане після поселення й пов'язане з конкретною послугою, має більше шансів привернути увагу. Якщо система дозволяє одразу обрати повторне використання рушників або скасувати наступне прибирання, комунікація перетворюється на завершену сервісну взаємодію.

Систематизація досліджень AI-сервісів у туризмі показує, що реакція клієнтів формується під впливом функціональних і соціальних характеристик технології [1]. Швидкість відповіді та зручність інтерфейсу важливі, але не вичерпують зміст взаємодії. Значення також мають тон комунікації, зрозумілість намірів, доречність звернення й можливість підтримати короткий діалог. За

відсутності таких ознак навіть технологічно досконала система сприймається як безособовий інформаційний канал.

У контексті екологічної поведінки соціальна присутність виконує роль психологічного посередника. Повідомлення про збереження води або скорочення кількості прань містить не лише інформацію. Звернення нагадує про наслідки повсякденного вибору, актуалізує відповідальність і робить екологічну норму помітнішою. Водночас цифровий агент додає до цієї норми елемент соціальної взаємодії.

Польовий експеримент H. Alboqami і G. Agag дає важливе підтвердження такого механізму [2]. У восьми китайських готелях робот-консьєрж пропонував гостям повторно використовувати рушники й постільну білизну або відмовитися від необов'язкового прибирання. В експериментальній групі повідомлення наголошувало на зайвому споживанні води й енергії, проте не містило звинувачення або сорому.

Після застосування такого сценарію показник соціальної присутності робота-консьєржа зріс на 0,45 бала за семибальною шкалою. Непрямий вплив соціальної присутності на екологічно відповідну поведінку становив 0,014 із довірчим інтервалом від 0,004 до 0,029 [2]. Отриманий результат засвідчив, що поведінкова реакція пояснювалася не тільки змістом екологічного заклику. Частина ефекту виникала через сприйняття цифрового агента як соціально значущого учасника взаємодії.

В українських готелях більш доступними каналами залишаються чат-боти, мобільні застосунки, месенджери, QR-сторінки та цифрові помічники на сайтах. Дослідження Л. Івашко засвідчує, що розвиток цифровізації туристичної сфери України супроводжується поширенням AI, мобільних технологій, хмарних сервісів і систем аналізу даних, хоча темпи впровадження стримуються інфраструктурними й фінансовими обмеженнями [3]. М. Барна й І. Мельник також відносять персоналізацію, автоматизацію операцій і застосування штучного інтелекту до важливих складових цифрової стратегії готельно-ресторанного бізнесу [4].

З огляду на це, створення соціальної присутності не потребує обов'язкового придбання робота-консьєржа. Добре налаштований чат-бот може звернутися до гостя після поселення, пояснити ресурсний зміст запропонованої дії й надати простий вибір. Наприклад, цифрове повідомлення може запропонувати скасувати наступне прибирання або залишити стандартне обслуговування без змін. Обидва варіанти мають бути однаково доступними.

Саме свобода рішення відокремлює екологічне стимулювання від прихованого скорочення послуг. Готель не повинен створювати ситуацію, за якої відмова від прибирання подається як морально правильний вибір, а бажання отримати оплачену послугу – як прояв безвідповідальності. Подібний тиск суперечить природі гостинності. Комфорт, повага й передбачуваність сервісу залишаються основою взаємодії.

Переконливість цифрового звернення значною мірою залежить від часу. Повідомлення під час бронювання може виявитися передчасним, оскільки гостя насамперед цікавлять ціна, розташування й умови проживання. Звернення одразу після поселення також ризикує загубитися серед організаційної інформації. Більш доречним може бути повідомлення ввечері або напередодні запланованого прибирання, коли рішення має безпосередній практичний зміст.

Соціальну присутність підсилює конкретність. Формулювання «бережімо природу разом» звучить доброзичливо, але майже не пояснює результату. Повідомлення про те, що відмова від необов'язкової заміни рушників скорочує використання води, енергії й мийних засобів, дає зрозуміліший мотив. Водночас надмірна кількість цифр перетворює коротку взаємодію на інформаційне перевантаження. Достатньо одного факту й одного чіткого варіанта дії.

Значення має й мовна природність. Надто офіційний текст створює дистанцію, а надмірно емоційний – викликає сумнів у щирості. Для українських готелів доречним видається спокійний, доброзичливий тон без моралізаторства. Повідомлення повинно відповідати загальному стилю закладу, категорії обслуговування і звичному способу комунікації з гостями.

Певну роль відіграє персоналізація. Звернення на ім'я, урахування тривалості перебування або попередньо обраних налаштувань здатні посилити відчуття адресності. Проте межа між корисною персоналізацією й небажаним спостереженням залишається досить тонкою. Якщо цифровий агент демонструє надмірну обізнаність про поведінку гостя, соціальна присутність може перейти у відчуття контролю.

Дослідження взаємодії із сервісними роботами показують, що антропоморфні риси не завжди викликають позитивну реакцію. M. Mende та співавтори виявили, що людиноподібні роботи можуть одночасно посилювати соціальне сприйняття і спричиняти психологічний дискомфорт [5]. Тому прагнення зробити AI-помічника максимально схожим на людину не слід вважати універсальним рішенням. Для екологічної комунікації важливіші уважність, передбачуваність і повага до вибору.

Довіра також формується через прозорість. Гість має розуміти, що повідомлення створене автоматизованою системою, а запропоноване рішення пов'язане з екологічною політикою готелю. Приховування цифрової природи агента може короткочасно підвищити емоційність контакту, але створює репутаційні ризики.

Для українських підприємств особливо важливо пов'язувати цифрову комунікацію з реальними діями закладу. Екологічне повідомлення втрачає переконливість, якщо освітлення працює у порожніх приміщеннях, одноразові матеріали використовуються без обмежень, а інформація про фактичну економію ресурсів відсутня. У такій ситуації соціальна присутність AI може навіть посилити недовіру, оскільки персоналізоване звернення робить суперечність між словами і практикою помітнішою.

Результативність доцільно оцінювати за поєднанням поведінкових, комунікаційних і сервісних показників. До першої групи належать частка гостей, які погодилися повторно використовувати рушники, кількість відмов від необов'язкового прибирання й обсяг збережених ресурсів. Комунікаційна складова може охоплювати частоту відкриття повідомлень, кількість відповідей, тривалість взаємодії та суб'єктивне відчуття адресності. Сервісна оцінка має враховувати задоволеність, скарги, повторні запити на прибирання й ставлення до цифрового каналу.

Окремо варто перевіряти саме соціальну присутність. Для цього можуть використовуватися короткі твердження за семибальною шкалою: «цифрове звернення сприймалося як особисто адресоване», «під час взаємодії відчувалася увага до зробленого вибору», «відповіді системи відповідали ситуації». Подібне опитування дозволяє відрізнити реакцію на зміст екологічного повідомлення від реакції на спосіб подання.

Пілотне впровадження в українському готелі доцільно будувати на порівнянні двох варіантів комунікації. Перший варіант може містити нейтральну інформацію про повторне використання рушників. Другий – коротке адресне звернення, пояснення ресурсного результату, зрозумілий вибір і підтвердження прийнятого рішення. Порівняння частки екологічних дій покаже поведінковий ефект, а опитування дозволить оцінити роль соціальної присутності.

При цьому відсутність відповіді не варто автоматично тлумачити як байдужість до довкілля. Повідомлення могло надійти невчасно, залишитися непоміченим або здатися несуттєвим. Так само відмова від прибирання не завжди зумовлена екологічними мотивами. Причиною може бути потреба у приватності, коротке перебування або відсутність необхідності в обслуговуванні. Науково коректна оцінка потребує розмежування факту поведінки, мотиву й способу сприйняття цифрової взаємодії.

Соціальна присутність штучного інтелекту має практичну цінність лише тоді, коли допомагає зробити екологічний вибір зрозумілим і зручним. Занадто слабка присутність перетворює повідомлення на чергове автоматичне сповіщення. Надмірна – створює відчуття тиску або контролю. Для українських готелів найбільш прийнятним видається стриманий формат: доречне звернення, коротке пояснення, добровільний вибір, миттєве підтвердження й відсутність нав'язливого повторення.

Таким чином, соціальна присутність розширює розуміння ролі штучного інтелекту в екологізації готельного сервісу. Технологія впливає на поведінку не лише через передачу інформації, а й через відчуття адресності, уваги й соціального значення рішення. Для української сфери гостинності такий підхід відкриває можливість використовувати вже доступні цифрові канали без значних капітальних витрат. Водночас результат залежатиме від добровільності, прозорості, відповідності повідомлення реальній екологічній практиці закладу й збереження належного рівня обслуговування.

Список використаних джерел

1. Li M., Yin D., Qiu H., Bai B. A systematic review of AI technology-based service encounters: Implications for hospitality and tourism operations. International Journal of Hospitality Management. 2021. Vol. 95. Article 102930. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2021.102930.
2. Alboqami H., Agag G. Can AI change how guests behave? Field experimental evidence on guilt appeals and sustainable choices in hotels. International Journal of Hospitality Management. 2026. Vol. 139. Article 104778. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2026.104778.
3. Івашко Л. Digitalization of the tourism and hospitality sector. Смарт-економіка, підприємництво та безпека. 2025. Т. 3, № 1. С. 16–28. DOI: https://doi.org/10.60022/sis.3.(01).2.
4. Барна М., Мельник І. Стратегія цифровізації готельно-ресторанного бізнесу. Економіка та суспільство. 2025. № 71. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-66.
5. Mende M., Scott M. L., Van Doorn J., Grewal D., Shanks I. Service robots rising: How humanoid robots influence service experiences and elicit compensatory consumer responses. Journal of Marketing Research. 2019. Vol. 56, No. 4. P. 535–556. DOI: https://doi.org/10.1177/0022243718822827.

Proceedings of the 7th International Scientific
and Practical Conference
"Achievements of Science and Applied Research"
September 14-16, 2026
Dublin, Ireland

Organizing committee may notagree with the authors'point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

Contact details of the organizing committee:
European Open Science Space
E-mail: info@eoss-conf.com
URL: https://www.eoss-conf.com/

EUROPEAN OPEN
SCIENCE SPACE